

UNIVERSITÉ DE PARIS

FACULTÉ DE PHARMACIE

Année 1931-1932

N° 28

LES EAUX D'ALIMENTATION DES ARDENNES

Etude géologique, chimique et bactériologique

THÈSE

POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE

Docteur de l'Université de Paris

(PHARMACIE)

présentée et soutenue le 11 Juillet 1932

PAR

HUBERT GRAFTIEAUX

Ex-Interne des Hôpitaux de Reims

JURY { MM. SOMMELET, *Président.*
PERROT, *Professeur.*
DELABY, *Agrégé.*

1932

Charleville — Imprimerie P. ANCIAUX, 37-39, rue de l'Arquebuse
et 18, rue de Clèves.

..... UNIVERSITÉ DE PARIS

FACULTÉ DE PHARMACIE

Année 1931-1932

N° 26

LES EAUX D'ALIMENTATION DES ARDENNES

Etude géologique, chimique et bactériologique

THÈSE

POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE

Docteur de l'Université de Paris

(PHARMACIE)

présentée et soutenue le 11 Juillet 1932

PAR

HUBERT GRAFTIEAUX

Ex-Interne des Hôpitaux de Reims

JURY { MM. SOMMELET, *Président.*
PERROT, *Professeur.*
DELABY, *Agrégé.*

1932

Charleville — Imprimerie P. ANCIAUX, 37-39, rue de l'Arquebuse
et 18, rue de Clèves.

PERSONNEL DE LA FACULTÉ DE PHARMACIE

Administration

MM. P. GUÉRIN, Doyen, *, * I.
P. LEBEAU, Assesseur, O. *, * I.
G. DURSENT, Secrétaire, *, * I.

Professeurs

MM. GUÉRIN, *, * I. Botanique générale.
BÉHAL, Membre de l'Institut, G.
O. *, * I. Chimie organique.
PERROT, O. *, * I. Histoire naturelle des Médicaments.
COUTIÈRE, O. *, * I. Zoologie.
LEBEAU, O. *, * I. Pharmacie chimique.
BOUGAULT, *, * I. Chimie analytique.
GORIS, *, * I. Pharmacie galénique.
TASSILLY, *, * I. Physique.
DAMIENS, *, * I. Chimie minérale.
HÉRISSEY, O. *, * I. Chimie biologique.
SOMMELET, *, * I. Hydrologie et Hygiène.
LUTZ, *, * I. Cryptogamie et Microbiologie.
FABRE, * I. Toxicologie.
LAUNOY, O. *, * I. Professeur sans chaire.

Doyen Honoraire : M. RADAIS, O. *, * I.

Professeurs Honoraires : MM. A. VILLIERS *, * I.
DÉLÉPINE, O. *, * I.
GUERBET, O. *, * I.

Chargés de cours

MM. Marc HONORAT, *, * I. Législation et Déontologie pharmaceutiques
LAUNOY, O. *, * I. Pharmacodynamie.
DELABY, *, * I. Minéralogie.
BACH, * I. Microbiologie.

Agrégés en exercice

MM. DELABY, *, * I.	MM. MASCRÉ, * I.	MM. BEDEL, * I.
PICON, * I.	FLEURY, * I.	REGNIER, * I.
	BACH, * I.	

Chefs des travaux pratiques

MM. BEDEL, * I., agrégé chargé des T. P. de
1^{re} année Chimie générale.
FLEURY, * I. et REGNIER, * I., agrégés,
chargés des travaux de Chimie analytique.
SOUÉGES, * I. Micrographie.
LEROUX, * I. Physique.
DEVAL, * I. Microbiologie.
DELABY, *, * I., PICON, * I. et
MASCRÉ, * I., agrégés, chargés des . . . Travaux généraux de 4^e année
Bibliothécaire en Chef : M. BERNARD, * I.



A mon Président de Thèse :

MONSIEUR LE PROFESSEUR SOMMELET

*Professeur à la Faculté de Pharmacie,
Pharmacien des Hôpitaux de Paris,
Chevalier de la Légion d'Honneur.*

A MONSIEUR LE PROFESSEUR PERROT

*Membre de l'Académie de Médecine, de l'Académie d'Agriculture,
et de l'Académie des Sciences coloniales,
Directeur de l'Office National des Matières premières végétales,
Officier de la Légion d'Honneur.*

A MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ DELABY.

Chevalier de la Légion d'Honneur.

A MON PÈRE & A MA MÈRE

Témoignage de ma sincère affection

et de ma profonde reconnaissance

A MES FRÈRES & SOEURS

Meis et Amicis



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547506_0034

Travaillant dans le laboratoire de mon père, J. GRAFTIEAUX, pharmacien à CHARLEVILLE, j'ai eu à examiner un grand nombre d'eaux d'alimentation provenant de différentes sources des Ardennes. Les résultats assez dissemblables obtenus m'ont conduit à étudier, d'une façon plus complète, les eaux de ce Département.

Ce sera, pour le Service d'Hygiène, un document qui ne constituera certes pas une étude définitive de la question, mais qui apportera déjà des renseignements suffisamment importants pour le guider dans le choix d'eaux d'alimentation.

Avant d'exposer mon travail dans les pages qui suivent, je prierai M. SOMMELET d'accepter l'hommage de ma respectueuse gratitude pour la bienveillance avec laquelle il a accueilli la présente étude.

Messieurs PERROT et DELABY m'ont fait l'honneur de siéger dans le jury appelé à examiner cette thèse ; qu'ils veuillent bien me permettre de leur exprimer tous mes remerciements.

C'est avec une profonde reconnaissance que je remercie spécialement mon Père, M. GRAFTIEAUX JULES, pharmacien, ex-préparateur de la Faculté de Lille, pour le grand soutien qu'il m'a si souvent apporté et pour les excellents conseils qu'il m'a prodigués et que j'ai utilisés et suivis dans ce travail.

Je remercie encore mes Professeurs de la Faculté de Nancy : MM. GRELOT et LASSEUR qui, par leur enseignement si vivant et si évocateur, m'ont facilité considérablement la tâche que je m'étais imposée.

INTRODUCTION

L'alimentation en eau potable des villes et des villages a toujours été une question primordiale pour les hommes dévoués qui ont la charge des intérêts communs et a toujours sollicité leur vigilante attention. Car l'eau est l'un des principaux facteurs de l'état sanitaire : de sa valeur qualitative et de son abondance dépendent les conditions hygiéniques de l'agglomération.

Le devoir d'une municipalité est de ne pas oublier que la mise en pratique rationnelle de l'hygiène urbaine et rurale doit préserver la population qu'elle administre des épidémies dont la source principale (la fièvre typhoïde surtout) tient dans l'insuffisance ou la mauvaise qualité des eaux qui l'alimentent.

Monsieur E. BONJEAN disait, dans son discours au Congrès des Services municipaux, en l'année 1909 : « *Lorsqu'une agglomération cherche à s'alimenter en eau potable, elle doit, tout d'abord, pousser aussi loin que possible les études hydrologiques pour trouver une eau souterraine constamment pure, agréable et abondante. Cette solution est la seule qui, en tout temps et en toute circonstance, puisse se donner satisfaction pour la santé publique* ».

C'est d'après l'ensemble des résultats fournis par les analyses chimique et bactériologique, d'après les caractères organoleptiques, c'est par l'étude géologique des terrains traversés et de la topographie de la région que l'on arrive à déterminer la valeur hygiénique d'une eau de source et à établir si elle peut être consommée.

L'analyse des eaux est toujours à la fois chimique et bactériologique, mais la composition révélée par la première est fonction de la constitution des sols traversés par les eaux souterraines. Il importe donc de faire précéder cette étude d'un exposé géologique des régions où ont été faits nos prélèvements, ce qui nous a conduits à diviser ce travail en trois parties :

- 1° — **Etude hydrogéologique des terrains,**
- 2° — **Etude chimique des eaux de source,**
- 3° — **Etude bactériologique.**

Nous terminerons par l'interprétation des résultats et par les conclusions que nous aurons pu déduire de l'ensemble de nos recherches.

PREMIÈRE PARTIE

ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE DES TERRAINS

CHAPITRE I

L'eau de pluie dans le sol

Connaître la provenance d'une eau est le premier devoir de l'hygiéniste. Si les analyses chimique et bactériologique déterminent la bonne ou la mauvaise qualité d'une eau, il est essentiel de rechercher les causes de cette potabilité ou non-potabilité, et de savoir si la pollution est constante ou si elle est un accident passager, évitable dans la suite.

L'hygiéniste, en faisant son enquête approfondie sur la provenance de cette eau, étudiera donc entre autres : la constitution géologique du terrain où il opère, remarquera si ce terrain constitue un filtre suffisant, si un périmètre de protection a été délimité tout d'abord et respecté dans la suite, quel genre de culture ou d'industrie il existe à la surface, etc...

On sait que la nature de la formation géologique du sol exerce une grande influence sur la composition de l'eau. Les eaux pluviales, lorsqu'elles arrivent au contact du sol, ont déjà emprunté à l'atmosphère des éléments variés, elles ont dissout une partie des gaz solubles de l'air.

Cette dissolution est régie par la loi de DALTON : « *L'eau en présence d'une atmosphère formée de plusieurs gaz, dissout chacun d'eux comme s'il était seul, avec la pression qu'il occupe dans le mélange* ».

L'eau de pluie renferme par litre en moyenne 23 cc. de gaz qui sont formés, pour 100 volumes, de :

Azote	65,66
Oxygène	32,15
Acide carbonique	2,19

Ces éléments donnent à l'eau un certain pouvoir dissolvant qui

s'accroît encore lorsqu'elle circule dans le sol. Elle dissout un grand nombre de corps avec lesquels elle s'est trouvée en contact. La proportion qui s'en dissout dépend d'abord de leur coefficient de solubilité.

Un litre d'eau à 10° peut dissoudre certains sels en assez grande quantité (357 gr. de chlorure de sodium, 1.600 gr. de chlorure de magnésium), tandis que d'autres sels ne seront presque pas atteints (carbonate de calcium, 0 gr. 010, carbonate de magnésium : traces, bicarbonate de chaux : 0 gr. 385 (1).

Mais nos résultats nous indiquent des chiffres plus forts que ceux-ci, parce que diverses influences, et en particulier, la présence de l'acide carbonique, peut faire varier cette solubilité.

Une eau traversant un sol suffisamment riche en l'un de ces sels va en dissoudre une grande quantité, et nous verrons soudre ce que nous appelons une « EAU MINÉRALE », c'est-à-dire une eau contenant en dissolution un ou plusieurs sels en quantité anormale.

Outre les sels, l'eau en contact avec certains sols peut se charger de radioactivité qui lui donne des propriétés thérapeutiques particulières. Cette radioactivité varie suivant les terrains et suivant l'origine plus ou moins profonde des eaux. Ainsi, celles qui sont issues du Bathonien sont plus radioactives que celles du Sparnacien ou du Lutétien.

Dans les terrains sédimentaires sableux, la radioactivité est très faible, dans les terrains argileux, elle est plus forte.

Différents sous-sols. — Sachant que, dans leur trajet souterrain, les eaux peuvent se purifier (phénomène de la nitrification naturelle), ou se contaminer, il est indispensable de connaître les relations qui existent entre les eaux superficielles et les eaux souterraines et de savoir si l'eau tombée subit une filtration suffisante pour ne pas apporter les germes d'une contamination.

Voyons quelle est l'action physique des différents terrains sur les eaux qui arrivent au sol.

1° *Sous-sol sableux.* — La présence d'un sous-sol sableux est une condition favorable, puisqu'il n'existe pas de meilleur filtre qu'un sable sauf le cas où il se produit un durcissement superficiel tendant à transformer le sable en grès ; sur un semblable terrain gréseux, si meuble et si poreux d'apparence, le développement de l'altération peut, par suite, amener la stagnation des eaux et la formation des marécages.

2° *Sous-sol schisteux.* — Dans la plupart des cas, le schiste, qui est le résultat d'un métamorphisme exercé sur une argile a subi ce métamorphisme dans les mouvements tectoniques du sol, il est donc rare que des schistes soient horizontaux sur une certaine étendue. Presque toujours, leurs bancs sont plus ou moins redressés et se pré-

(1) E. BONJEAN. *Le sol et l'eau* [Martin et Brouardel. *Traité d'Hygiène*. Paris, Baillière, 1925, t. 2, p. 243.

sentent ainsi à la surface par leur tranche (on en voit de superbes exemples dans les environs immédiats de MONTHERMÉ), en sorte que, malgré l'imperméabilité du schiste lui-même, les interstices des feuillets se prêtent fort bien à l'infiltration des eaux, et, en même temps, par suite de leurs dimensions très restreintes, à leur épuration.

Ces eaux ainsi descendues entre les feuillets des schistes (des tranchées de la route de FUMAY à HAYBES, on voit l'eau suinter des feuillets) peuvent s'enfoncer très profondément, et un assez grand nombre de bonnes sources ont ainsi leur bassin d'alimentation dans un terrain schisteux.

Mais, à côté de ces eaux profondes, il existe dans les schistes, des multitudes de sources précaires, celles-ci, très abondantes après une pluie, ne sont alimentées que d'eau superficielle, tarissent souvent et sont fréquemment polluées.

3° *Sous-sol calcaire*. — Quand il s'agit d'un terrain calcaire, les conditions sont totalement différentes de ce que nous avons vu jusqu'ici. Il est bien rare qu'un calcaire ne soit pas assez fissuré pour laisser passer les eaux (1). L'action filtrante qu'il exerce est, en général, insuffisante et, par conséquent, les sources des terrains calcaires doivent être suspectées.

Bien que la circulation dans les calcaires se fasse quelquefois par des fissures capillaires et des pores pour donner une eau bien filtrée, elle se réalise le plus souvent par des fractures naturelles parfois très larges, ou par des diaclases : les parois de carbonate de chaux sont dissoutes par l'eau chargée de gaz carbonique ; il se forme de véritables ruisseaux souterrains impuissants à assurer l'épuration de l'eau.

Résurgences. — Dans tous les terrains où il s'est produit des failles ou des accidents entre les différentes couches, l'eau souillée de la surface s'enfonce sans se séparer de ses impuretés à travers le réseau des joints et des crevasses : ces filets liquides se réunissent en ruisseaux et en rivières souterrains qui émergent en certains points que MARTEL dénomme : « *résurgences*, ou *gouffres* ». (LA FOSSE-BLEUE, LA FOSSE-AU-MORTIER et le GIBERGEON, sur le territoire de SIGNY-L'ABBAYE).

Les résurgences diffèrent des vraies sources par leur impureté bactériologique (permanente ou temporaire), par l'inconstance de température et de composition, les grandes variations de leur débit.

Pour que la pureté bactériologique d'une eau quelle qu'elle soit, soit assurée, il faut que cette eau subisse une filtration fine ; les eaux souterraines n'échappent pas à cette loi.

(1) E. A. MARTEL. *L'Eau*. [Martin et Brouardel. *Traité d'Hygiène*]. Paris, Baillière, 1925, t. 2, p. 53.

Aspect géographique du Département des Ardennes

Avant de donner un tableau des principales formations géologiques des terrains sédimentaires, afin de pouvoir classer ensuite celles des Ardennes, nous allons étudier rapidement l'aspect géographique du Département.

Le Département des Ardennes est traversé du Nord au Sud, un peu à l'Ouest de RETHEL, par le deuxième degré du méridien Est de PARIS. Dans le sens contraire, il est coupé, dans sa partie septentrionale, près du chef-lieu de canton FUMAY, par le cinquantième degré de latitude Nord (1).

Il est borné, au Nord-Ouest et au Nord-Est, par la Belgique ; à l'Est et au Sud-Est, par le Département de la Meuse ; au Sud, par celui de la Marne ; enfin à l'Ouest, par celui de l'Aisne.

Sa superficie, qui est de 523.289 hectares, est un peu inférieure à la moyenne des départements français.

Sa forme est assez irrégulière. Cependant il présenterait presque celle d'un quadrilatère régulier, incliné du Nord-Ouest au Sud-Est, si l'on en retranchait les cantons de GIVET, au Nord et de CARIGNAN, à l'Est.

On peut diviser le Département en trois zones :

1°) *La zone champenoise* : comprend la partie principale des arrondissements de RETHEL et de VOUZIER. C'est la pointe Nord de la Champagne et elle rappelle celle-ci par ses grandes plaines crayeuses. La terre cependant bien travaillée et fumée devient excellente et donne des cultures d'un bon rapport.

2°) *La zone centrale* qui va de la Sormonne, de la Meuse (de CHARLEVILLE à SEDAN) et de la Chièrs aux rives de l'Aisne, est le prolongement des Monts de l'Argonne. C'est la contrée la plus fertile du Département. La fusion des terrains ne se produisant qu'insensiblement, les pâturages se mêlent à la culture des céréales.

3°) *La zone de l'Ardenne française*, s'étendant au Nord de la Sormonne, de la Meuse et de la Chièrs, présente tous les caractères des plateaux boisés, de surface irrégulière. Au Nord et à l'Ouest se trouvent les deux plateaux des HAUTS-BUTTES et de ROCROI, élevés de près de 400 m. Mais à l'Est et au Sud et entre ces deux plateaux, la contrée

(1) A. MEYRAC. *Géographie des Ardennes*. Charleville. Jolly. 1900, p. 5.

est déchirée par des vallées profondes dont les roches encaissantes sont taillées à pic. De distance en distance, se détachent des crêtes décharnées (*Les Quatre Fils Aymon*, à CHATEAU-REGNAULT), des pointes saillantes, des blocs énormes (*Le Roc La Tour*, à THILAY), qui restent suspendus en l'air.

Une multitude de ravins profonds, de défilés étroits, de gorges resserrées et tortueuses sillonnent le sol dans tous les sens, et aboutissent à deux vallées principales : la Meuse et la Semoy.

Les cours d'eau. — Le Département des Ardennes envoie ses eaux dans la Mer du Nord par la Meuse, et dans la Manche par l'Aisne et l'Oise, puis la Seine.

Les deux bassins de la Meuse et de l'Aisne sont séparés par une ligne de partage des eaux prenant son point de départ à la *Butte de Marlemont* (1). Elle passe entre THIN-LE-MOUTIER et SIGNY-L'ABBAYE, à DOMMERY, aux Crêtes de LAUNOIS et de POIX, à BOUVELLEMONT, entre CHAGNY et JONVAL, au CHESNE. Ensuite assez irrégulière, on la retrouve aux ALLEUX, à CHATILLON, à BELLEVILLE, à LA CROIX-AUX-BOIS où elle tourne vers le Nord-Est et va passer entre BAR et HARRICOURT pour gagner les hauteurs de SOMMAUTHE.

La Meuse entre dans le Département près de LÉTANNE, à 163 m. au-dessus du niveau de la mer. Elle coule vers le Nord jusqu'à MOUZON; là, elle prend jusqu'à MÉZIÈRES la direction Nord-Ouest. Puis quittant brusquement son premier cours, elle s'engage dans la direction du Nord par la brèche profonde, étroite et sinueuse qu'elle a creusée sur une longueur de plus de 100 km. à travers le Massif de l'Ardenne, de MÉZIÈRES à NAMUR. Elle quitte le Département à GIVET à la cote 99 (2).

A droite, la *Meuse* reçoit comme affluents principaux la *Chiers*, la *Vrigne*, la *Semoy*, et à gauche : la *Bar*, la *Vence*, la *Sormonne*.

L'*Aisne* reçoit la *Retourne* à gauche et la *Vaux* et l'*Aire* à droite.

Il faut mentionner la *Malacquoise*, affluent de la *Serre* qui ne traverse pas notre département, et se jette dans l'Oise.

(1- A. CALLAY. *Catalogue des plantes vasculaires du Département des Ardennes*, Charleville. Jolly. 1900, 1 à 5.

(2) J. GOSSELET. *L'Ardenne*. Paris. Baudry, 1888, 14.

Géologie des Ardennes

Le Département des Ardennes présente, au point de vue géologique, un réel intérêt, à cause du développement caractéristique que nous offrent quelques-uns de ses terrains.

Maintes de nos localités sont classiques, et les géologues viennent visiter fructueusement les remarquables coupes de la Vallée de la Meuse, les exploitations de quartzites et d'ardoises de MONTHERMÉ, de FUMAY, de RIMOGNE ; les carrières d'arkose (1) de FÉPIN, de Poudingues (2) de LA ROCHE-AUX-CORPIAS, de marbres de GIVET, les carrières à pavés de SAINT-LAURENT et de ROMERY, les minières de NEUVIZY, les gîtes de phosphates à SAULCES et à GRANDPRÉ. Enfin, le fer existe un peu partout.

Tous les terrains des ARDENNES appartiennent aux formations sédimentaires. Ils rentrent dans les groupes primaires et secondaires. Quelques filons de roches cristallines rencontrés dans la Vallée de la Meuse, peuvent à peine être mentionnés dans une étude générale ; de même, pour quelques lambeaux de sable tertiaire qui se laissent voir sur certains points à l'Ouest et au Nord de notre Département.

1° — TERRAINS PRIMAIRES (3)

Les terrains primaires existent dans le Nord du département. Ils se présentent en couches fortement disloquées, et leurs roches sont généralement siliceuses. Les unes sont des GRES très durs ; les autres forment une sorte d'ARGILE feuilletée et durcie pouvant parfois se diviser en minces lames ; ce sont les ARDOISES. On trouve à la partie supérieure, de puissants bancs de CALCAIRES cristallisés en MARBRES.

Les géologues divisent les terrains primaires en quatre groupes : **Précambrien, Silurien, Devonien** et **Permo-Carbonifère**. Deux seulement de ces terrains sont représentés dans notre département : le PRECAMBRIEN et le DEVONIEN. Ils occupent toute la partie Nord de la ligne passant par SIGNY-LE-PETIT, CHARLEVILLE et GIVONNE.

(1) *Poudingue* : amas de cailloux roulés entassés les uns sur les autres et agglutinés par un ciment terreux ou cristallin. Définition de Sauvage et Buvignier. *Statistique minéralogique et géologique du Département des Ardennes*. Mézières. Trécourt, 1842, 13.

(2) *Arkose* : Grès décomposé formant une roche tendre et friable, où le feldspath domine. Définition de Sauvage et Buvignier, p. 211.

(3) A. MEYRAC. *Géographie des Ardennes*. Charleville, Jolly, 1900, 6.

Précambrien.

C'est le terrain le plus ancien de la région. Il forme un massif s'étendant à peu près d'HIRSON à HAUTES-RIVIÈRES, et de FÉPIN à BRAUX. La partie à l'Est de ROCROI atteint l'altitude moyenne de 400 à 500 mètres. Celle de l'Ouest forme un plateau ne dépassant pas 400 mètres. Toutes les couches cambriennes sont fortement redressées ; au Sud, elles s'inclinent de 40 à 50°.

La zone des ardoises de FUMAY est composée de quartzites verdâtres ou blancs et de schistes violets ou verts. Les tranchées de la route de FUMAY à HAYBES, et les exploitations d'ardoises montrent l'alternance de ces couches, leurs redressements, leurs replis.

La zone schisteuse de REVIN est formée de schistes noirs et de quartzites noirs ou gris, souvent pyritifères. C'est dans cette zone que sont les filons de roches cristallines : porphyroïdes de MAIRU ; diorite de la GRANDE COMMUNE et de LAIFOUR. On n'y exploite pas d'ardoises, mais les carrières de quartzites y sont nombreuses et fournissent d'excellentes pierres pour les routes. Les roches s'y recouvrent fréquemment d'un enduit ocreux, les eaux y sont ferrugineuses, notamment la source bien connue de LAIFOUR.

La zone des ardoises de DEVILLE est formée de schistes verdâtres et bleuâtres, alternant avec des quartzites de couleur claire. Plusieurs bandes de schistes sont toutes remplies de petits cristaux d'oxyde de fer magnétique. Elles fournissent de l'ardoise dure à DEVILLE, à MONTHERMÉ, à RIMOGE. L'érosion creusa dans le massif cambrien les ravins profonds et abrupts qui le sillonnent et aboutissent à la Vallée de la Meuse. La Vallée elle-même s'est formée par suite d'une action analogue : l'inégalité résistante des roches aux causes d'altérations, joua jadis un rôle important. De nombreux rochers très pittoresques furent ainsi découpés dans le plateau : les Quatre Fils Aymon, les roches du Bois des Manises, celles de la Vallée de Misère.

Dévonien.

— Le dévonien renferme des fossiles. Sa faune est riche, elle comprend des trilobites (crustacés), des spirifers (brachiopodes), des poissons, et de nombreuses espèces de polypiers coralliaires. Il faut remarquer surtout que dans les Ardennes, les étages inférieurs sont pauvres en fossiles, et que les schistes rouges n'en fournissent aucun.

Les premiers sédiments de l'époque dévonienne sont formés de cailloux roulés disposés en stratification discordante sur la tranche des couches relevées du cambrien. Les bancs de poudingues de la Roche-aux-Corpias et de la Roche à Fépin, sont remarquables.

- Dévonien** : 1° INFÉRIEUR qui est surtout arénacé et schisteux ;
2° MOYEN où le calcaire devient prédominant ;
3° SUPÉRIEUR formé de schistes avec quelques bancs de grès.

1° Le *dévonien inférieur* forme au Nord et au Sud du cambrien

deux affleurements disposés symétriquement de FÉPIN à VIREUX, d'une part, et de BRAUX à CHARLEVILLE. Au 1^{er} étage de ce terrain appartiennent les poudingues, les schistes de LEVREZY avec les bancs de quartzophyllades de BRAUX, les schistes satinés de JOIGNY, et les schistes lie-de-vin du mont Olympe ; les schistes de SAINT-HUBERT bien développés à NOUZON et à la FORÊT-SUR-SEMOY.

Au dévonien inférieur appartiennent les puissantes assises de grès dont quelques parties sont exploitées dans les carrières sur la route d'AIGLEMONT à NOUZON. Au Nord du massif de FUMAY, les couches correspondantes sont : le poudingue et l'arkose de FÉPIN, les schistes de MONDREPUITS, les schistes bigarrés d'OIGNIES, les grès d'ANOR, de MONTIGNY et de VIREUX.

2° Le *dévonien moyen* et le *supérieur* n'affleurent pas au Sud du massif cambrien. Ils forment, au Nord du massif, les schistes fossilifères de VIREUX, les marbres de GIVET, sur lesquels reposent au-delà de la frontière, les schistes et les psammites de la région de FAMENNE.

Le marbre noir de Sainte-Anne est exploité dans de nombreuses carrières aux environs de GIVET. On extrait du marbre rouge à FRO-MELENNES.

2° TERRAINS SECONDAIRES

Ils comprennent surtout des formations calcaires. En certains points, les dépôts argileux ont une grande importance ; en d'autres, ce sont les dépôts sableux. Les ammonites en sont les fossiles caractéristiques. On trouve partout beaucoup de mollusques. Dans certaines couches : des polypiers.

Les terrains secondaires reposent dans les Ardennes en stratification discordante sur les terrains primaires dont les couches ont été fortement redressées par les grands mouvements orogéniques hercy-niens de l'époque carbonifère.

Le contact est bien visible sur la route de CHARLEVILLE à AIGLEMONT (*Moulin Godart*). La ligne de contact des affleurements primaires et secondaires est orientée sensiblement de l'Ouest à l'Est, suivant la direction générale de la Vallée de la Sormonne et de celle de la Meuse, de CHARLEVILLE à SEDAN.

On établit dans les formations secondaires trois séries :

- 1° **Série inférieure**, triasique.
- 2° **Série moyenne**, jurassique.
- 3° **Série supérieure**, crétacée.

Les deux dernières seules se rencontrent dans les Ardennes où elles sont d'ailleurs très bien développées.

Jurassique.

— Les roches de ce terrain sont surtout calcaires. Elles représentent toutes les variétés, depuis le calcaire marneux ou

sableux, jusqu'au calcaire terreux et à l'oolithe friable. Les unes fournissent de bonnes pierres de taille ; avec certaines, on fait de la chaux grasse ; avec d'autres, d'excellente chaux hydraulique. Les sables et les grès se rencontrent dans les étages inférieurs. L'argile se montre à différents niveaux, elle est parfois feuilletée. Le minerai de fer est abondant dans quelques couches, soit argileuses, soit marneuses : il est formé de limonite oolithique.

Le terrain jurassique affleure dans les Ardennes sur toute la partie comprise entre deux lignes partant d'HIRSON et passant l'une par CHARLEVILLE et GIVONNE, l'autre par WASIGNY et BUZANCY.

Les couches inférieures du jurassique forment l'ensemble appelé **lias**. Les dépôts arénacés y dominent. Les couches supérieures où domine le calcaire oolithique forment le jurassique supérieur ou **oolithe**. Chacun de ces systèmes a été divisé en plusieurs étages et chaque étage, en zones caractérisées par leurs fossiles.

Lias. — Les dépôts liasiques sont arénacés puis marneux. A la partie supérieure, l'argile domine, et est surtout pyriteuse. Certaines assises sont très fossilifères. La gryphée arquée est caractéristique des couches à chaux hydraulique. Les ammonites et les bélemnites sont nombreuses. L'affleurement est limité au Nord, par une ligne passant par SIGNY-LE-PETIT, CHARLEVILLE, GIVONNE, et au Sud, par une autre passant par AUVILLERS, SAINT-MARCEL, DOM-LE-MESNIL, ANGECOURT, MALANDRY.

Les étages les mieux représentés sont le SINEMURIEN qui fournit les marnes à chaux hydraulique de CHARLEVILLE ; le LIASIEN, composé surtout de calcaires sableux exploités pour pavés à ROMERY et à SAINT-LAURENT ; le TOARCIEN, qui comprend les marnes pyriteuses de FLIZE avec couche à limonite exploitée à LONGWY. Toute la région du calcaire sableux est coupée par de nombreuses failles et le niveau des couches est relevé du côté du Nord.

Oolithe. — Formé surtout de calcaires oolithiques. L'argile domine dans la partie moyenne, L'oolithe s'appuie au Nord sur le lias ; elle est recouverte au Sud par l'infra-crétacé. La limite Nord est assez régulière, d'AUVILLERS à MALANDRY. La limite Sud est une ligne très sinueuse, passant par RUMIGNY, LIART, WASIGNY, PUISEUX, SEMUY, BRIQUENAY, LANDRES. Les empiètements de l'infracrétacé sur l'oolithe à MARLEMONT, à LAMETZ, indiquent un retour de la mer sur le continent à la fin de l'époque secondaire.

L'étage inférieur : BAJOCIEN est composé en grande partie de calcaire oolithique, jaune, tendre, dont le centre d'exploitation le plus important est à DOM-LE-MESNIL.

Le deuxième étage : BATHONIEN comprend de bas en haut un calcaire jaune, un peu sableux, une marne, du calcaire blanc à oolithe de dimensions variables, et plus ou moins intimement soudés ;

et enfin, un calcaire en plaquettes renfermant de grandes huîtres. Beaucoup de carrières sont ouvertes dans les calcaires oolithiques : CHÉMERY, RAUCOURT, VENDRESSE, BULSON, fournissent d'excellentes pierres de taille.

Quelques collines du Bathonien sont dénudées et stériles ; d'autres sont couvertes de belles forêts : HAILLY, FROIDMONT, THIN-LE-MOUTIER, ELAN, SAPOGNE.

Les couches bathoniennes sont toutes fissurées et présentent fréquemment, surtout aux environs de POIX et de SIGNY-L'ABBAYE, des entonnoirs dans lesquels les eaux superficielles disparaissent. Un ruisseau important disparaît ainsi près de DOMMERY. Ces eaux circulent sous terre, puis se réunissent, pour former des sources très puissantes, le Gibergeon à SIGNY, débitant au moins 400 litres d'eau à la seconde, la Fosse-Bleue donnant naissance au ruisseau la Vaux et la Fosse-au-Mortier, toutes deux dans la région de SIGNY-L'ABBAYE. La Fosse-au-Prêcheur, à POIX, la Fontaine Saint-Roger, à ELAN. Certains de ces entonnoirs ont leurs parois revêtues d'une couche d'argile qui les rend imperméables. Ils conservent l'eau, comme la Fosse-au-Mortier, dont le niveau se maintient presque constant à 8 m. au-dessus du fond.

Le troisième étage : OXFORDIEN est surtout siliceux. Pour base : une argile très fossilifère à minerai autrefois exploité à POIX, à SINGLY, et dans quelques autres communes ardennaises. Au-dessus : la puissante assise de gaize qui forme l'escarpement des crêtes de POIX à NEUVIZY : et à la partie supérieure, une marne calcaire à oolithe ferrugineuse très fossilifère. Cette marne forme un horizon géologique très net à DRAIZE, à VIEL-SAINT-REMY, à NEUVIZY, CHAGNY, TANNAY, VERRIÈRES, NOUART. Elle fournissait autrefois beaucoup de minerai de fer. Elle est encore exploitée à NEUVIZY. C'est sur l'affleurement de gaize que reposent certaines de nos plus belles forêts : Forêt de SIGNY, Bois de Charlemagne, le Mont-Dieu, Forêt de BELVAL.

Le terrain oolithique se termine dans la région par les assises de calcaire caverneux à polypiers de l'étage corallien auxquelles sont associés des calcaires oolithiques exploités dans la région de MONTGON et des calcaires bleus exploités à VERPEL.

Crétacé. — A la partie inférieure du système crétacé, dominent les formations argileuses. La partie supérieure est caractérisée par la craie. Les fossiles ne sont généralement pas communs. On y trouve cependant de très rares ammonites, des brachiopodes, gastéropodes et foraminifères.

Terrains infra-crétacés. — Les couches infra-crétacées se composent d'argile, de sable à glauconie, et de gaize. Les fossiles y sont nombreux et bien conservés : ammonites, hamites, ancyloceras, turrilites, trigonia, natica. Elles renferment à différents niveaux du phosphate de chaux. Le gisement le plus important de cette matière

fort utile à l'agriculture se rencontre dans l'étage albien ou gault. Les nodules, vulgairement coquins, résultent de la concentration du phosphate de chaux autour de corps organiques en décomposition : spongiaires, bois fossiles, test calcaire de coquilles. La couche la plus riche dans les Ardennes est épaisse d'environ 20 centimètres et se trouve à une profondeur variable. Les nodules extraits sont débarrassés de l'argile par lavage ou par fanage, puis moulus. Centres principaux d'exploitation : SAULCES-MONCLIN et GRANDPRÉ. La consommation croissante de ce produit a fait rechercher l'étendue des gisements. On a reconnu environ 200 hectares pouvant fournir 150.000 tonnes dans les Ardennes, et 20.000 hectares pouvant donner 24.000.000 de tonnes dans la Meuse. La quantité extraite chaque année dans les deux départements dépasse 75.000 tonnes de poudre contenant 30 à 50 % de phosphates.

La gaize de l'infra-crétacé est analogue à celle de l'oxfordien. Elle forme un amas lenticulaire très puissant dans l'Argonne : 80 m. à GRANDPRÉ, se terminant en biseau à ATTIGNY. C'est un grès calcaire argilo-siliceux formant une roche très légère renfermant 50 % de silice gélatineuse.

Terrains supra-crétacés : La roche dominante du crétacé proprement dit est la craie tendre. A certains niveaux elle contient des bancs de silex et des concrétions pyriteuses, et à d'autres niveaux, les grains de phosphates sont abondants.

Le premier étage du crétacé CENOMANIEN est formé par les marnes de GIVRON et les sables de LA HARDOYE. Le second : TURONIEN se compose de craie marneuse chargée de pyrite dont les affleurements importants s'observent à SAINT-FERGEUX, CHAUMONT, CHAPPES, SERY, RETHEL, VOULZIERS. Le troisième étage SENONIEN est formé par la craie blanche, tendre (blanc de Meudon), ou dure (craie du Camp de Châlons). Ces affleurements couvrent le Sud-Ouest du Département.

Toute la partie du crétacé qui est au Nord de l'Aisne est recouverte de limons des plateaux ; dans celle qui est au Sud, ces limons se rencontrent rarement, et le sol formé de débris de craie présente les conditions défavorables à la végétation qui caractérisent la Champagne pouilleuse : plateau stérile et dénudé qu'on a essayé de transformer autrefois par des plantations de pins, mais qui est aujourd'hui cultivée scientifiquement ; l'emploi d'engrais appropriés permet d'obtenir des rendements très appréciables : 20 à 22 quintaux de blé à l'hectare et de très belles betteraves sucrières et fourragères.

3° TERRAINS TERTIAIRES.

Le terrain tertiaire occupe le centre du bassin de Paris. Ses affleurements réguliers ne s'étendent guère vers l'Est au-delà de Reims

et d'Epernay. Dans la Thiérache, il a été profondément raviné ; quelques lambeaux seulement restent sur les hauteurs.

Dans les Ardennes, on peut rapporter à l'époque tertiaire les sables du plateau de ROCROI, les argiles de BROGNON, de GUÉ-D'HOSSUS, de BARBANCROC, d'EVA, de MONTJOIE, près de RAUCOURT. La plupart de ces gisements fournissent d'excellente terre à poteries et sont toujours dépourvus de fossiles.

4° TERRAINS QUATERNAIRES.

C'est pendant l'époque quaternaire que les continents ont pris leur relief actuel : effet des soulèvements et de l'érosion. La désagré-gation des couches superficielles a fourni le limon des plateaux dans les faibles dépressions d'un sol de relief peu accusé. Les cours d'eaux creusant leur lit déposèrent sur les flancs et le fond de leurs vallées, des nappes de limons dites : alluvions anciennes.

Les alluvions des plateaux consistent ordinairement en une argi-le brune ou jaunâtre, plus ou moins mélangée de sable fin. Lorsqu'elles retiennent une certaine proportion de calcaire, elles constituent une excellente terre végétale propre à toutes les cultures. Les alluvions des vallées consistent en sable argileux ou argilo-calcaire, qui repose fré-quemment sur un lit de gravier. En général, elles forment des terres d'une grande fertilité.

Lorsque le sol retient un excès d'humidité aussi bien sur les pla-teaux à sous-sol imperméable que dans les vallées où la pente est très faible, il se développe une abondante végétation de mousses, de sphai-gnes, de carex, qui, se décomposant lentement sur place à l'abri de l'air, produit la tourbe. Sur le plateau primaire, on en trouve à l'ori-gine de tous les ruisseaux. Les gisements les plus importants sont REGNIOWEZ, GUÉ-D'HOSSUS, SÉCHEVAL, HAUTS-BUTTÉS.

Sur les terrains secondaires, les tourbières les plus complètes sont celles de la Vallée de la Bar, occupant une vaste dépression entre GERMONT, AUTRUCHE, BUZANCY et quelques points isolés : à CHATILLON, BRIEULLES, TANNAY. L'exploitation de la tourbe dans les Ardennes, est sans importance, bien que certains gisements aient de 2 à 3 m. d'épais-seur.

TABEAU DES FOSSILES DU DÉPARTEMENT DES ARDENNES (1)

JURASSIQUE : A) Lias				
SYSTÈMES	ÉTAGES	ZONE	FACIES	LOCALITÉS
Lias inférieur	Hettangien	<i>Schlotheimia</i>	Conglomérats et calcaire marneux Calcaires noirs à chaux hydraulique Calcaires sableux Calcaires à dalles Calcaires argileux et oolithes ferrug. Marnes pyriteuses	Moulin Godart. Carrières Périn à Charleville, Warcq. Romey, Le Theux, Montimont, Virton. Saint-Laurent, Mohon. Remilly, Fort des Ayvelles. Flize.
	Sinemurien	<i>Arietites</i>		
Lias moyen		<i>Belemnites</i>		
Lias supérieur	Liasien	<i>Amaltheus</i>		
	Toucen	<i>Hildoceras</i>		

JURASSIQUE : B) Oolithique				
Oolithique Inférieur	Bajocien	<i>Harpoceras</i>	Calcaires marneux Calcaires terreux et bancs oolithiques Calcaires argileux Calcaires oolithiques et crayeux Calcaires marneux Calcaires gris Marnes à limonites oolithiques Gaize	Fagnon. Dom-le-Mesnil. Boulzicourt. De Boulzicourt à Poix. Fosse-aux-Prêcheurs. Signy, Raucourt. Poix, Montigny. Crêtes-de-Poix.
	Bathonien	<i>Strophoceras</i>		
		<i>Ostrea</i>		
		<i>Cardium</i>		
Oolithique Moyen	Callovien	<i>Rhynchonella</i>	Argile ocreuse et minéral de fer Marne Calcaire corallien Calcaire marneux Calcaire marneux	Neuvizy, Viel-Saint-Remy. Draize, Wagnon. Puisseux, Wasigny. Mont-Dieu. Grandpré.
	Oxfordien	<i>Terebratula</i>		
	Lusitanien			
	Kiméridgien			

CRÉTACÉ		
Eocrétacé	Aptien	Sables ferrugineux et argiles
Mésocrétacé	Albien	Gaize, Sable
		Gaize, Argile
	Cénomanién	Marnes, Sables glauconieux
	Turonien	Marne calcaire Marne crayeuse, Craie blanche

(1) Mlle Bonne-Bordure secondaire du Massif Ardennais — Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle des Ardennes — Mémoires Saurer — 23 - 1928 - 408.



Principales zones

La variété des eaux souterraines est infinie. Dans une même région géographique ou géologique, on trouve des eaux ayant des compositions très dissemblables, et dans des régions géographiques ou géologiques très différentes, on trouve des eaux ayant des minéralisations voisines. Malgré tout en général, les sources provenant d'une région schisteuse, auront toutes de nombreux points communs, ou celles d'un terrain calcaire auront leur minéralisation assez rapprochée.

Pour résumer l'exposé géologique du département, nous avons donc divisé les Ardennes en six zones, suivant la prédominance des terrains, et dans chacune, nous avons analysé l'Eau d'Alimentation de quelques communes.

1° Région schisteuse. — La région schisteuse la plus étendue de notre Département est formée par les terrains Cambrien et Dévonien qui en occupent toute la partie Nord depuis SIGNY-LE-PETIT, CHARLEVILLE et LA CHAPELLE, jusqu'à GIVET : c'est le plateau de l'Ardenne constitué presque entièrement de schistes et de quartzites (DEVILLE).

2° Lias. — Le lias constitue les régions de CARIGNAN et de SEDAN (DAIGNY) et se prolonge en pointe très étroite vers le Nord-Ouest jusqu'à MAUBERT-FONTAINE et BLOMBAY.

3° Jurassique inférieur. — Les zones du calcaire jurassique en général très fissuré, forment deux bandes s'élargissant vers l'Est. La bande du Nord est formée par l'Oolithe. Celle du Sud, par le Corallien. La région oolithique s'étend de RUMIGNY jusqu'à MOUZON, à l'Est, en passant par CLAVY-WARBY (eau alimentant CHARLEVILLE, ELAN, HANNOGNE-SAINT-MARTIN, et le massif boisé de RAUCOURT.

4° Jurassique moyen. — C'est la région du calcaire corallien dont nous venons de parler. Large de WADIMONT à BLANCHEFOSSE à l'Ouest, elle comprend les gouffres de SIGNY-L'ABBAYE et de POIX, passe à OMONT et au CHESNE, à SY, et s'étend jusque BUZANCY au Sud-Est.

5° Crétacé inférieur. — Dans les Ardennes, le crétacé inférieur est représenté par la gaize de l'Argonne : roche siliceuse verdâtre, parfois jaunâtre, tendre, légère, à texture sableuse. Cette gaize forme dans l'arrondissement de VOUZIEERS, une zone bordée d'un côté par les collines de Champagne, et de l'autre par le cours de l'Aire (ATIGNY).

6° Crétacé supérieur. — La zone crayeuse comprend sous le nom de Champagne la partie méridionale des Arrondissements de RETHEL et VOUZIEERS, et s'étend à l'Ouest jusqu'à CHAUMONT-PORCIEN.

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE CHIMIQUE DES EAUX DE SOURCE

CHAPITRE I

Historique des méthodes analytiques

Substance alimentaire de première nécessité, l'eau n'est jamais offerte à l'état pure par la nature, on y trouve toujours en suspension ou en dissolution les éléments les plus divers aux points de vue qualitatif et quantitatif ; car, dans son périple aérien et terrestre, l'eau subit de notables changements dans sa composition.

Tous les peuples anciens ont apprécié à bon escient le rôle de l'eau, et les constructions laissées par les Romains, les Grecs, les Egyptiens, révèlent, entre autres, l'importance que ces peuples attribuaient à sa recherche et à son adduction.

Certes, on n'avait pas alors les moyens analytiques permettant de déterminer à coup sûr la qualité de l'eau employée, mais les procédés empiriques y suppléaient ; on examinait son origine, sa saveur, sa limpidité et l'on observait surtout la santé des habitants qu'elle alimentait.

HIPPOCRATE, dans son « Traité de l'air, des eaux, des cieux », définissait ainsi les eaux potables : « *Une bonne eau doit être limpide, légère, aérée, sans odeur, ni saveur sensible, chaude en hiver et fraîche en été* ».

Les moyens d'épuration étaient loin de valoir nos procédés modernes : ozonisation, lampe à vapeur de mercure, javellisation, mais HIPPOCRATE recommandait déjà à ses malades de boire de l'eau de pluie bouillie, afin que ses propriétés fussent parfaites et RUFUS D'EPHÈSE conseillait, à son tour de « *faire bouillir l'eau dans des vases de terre cuite, puis refroidir et chauffer à nouveau au moment de la boire* ».

Au quatrième siècle, PALLADIUS ne jugeait encore des caractères de l'eau que par ses effets : « *Il arrive souvent*, écrivait-il dans son « Traité de l'Agriculture », *que la nature, dont les opérations sont*

« toujours secrètes, cache dans les éléments les qualités pernicieuses
 « sous les plus belles apparences. Nous jugerons de la qualité de l'eau
 « par la santé des habitants, en examinant si ceux qui en boivent ont
 « la gorge libre, s'ils ont la tête saine et si chez eux les affections pul-
 « monaires ou gastriques sont rares ou fréquentes. Il faut encore exa-
 « miner si le ventre, les entrailles, les flancs ou les reins n'éprouvent
 « pas de douleur, etc...» (1)

Au treizième siècle, les procédés analytiques n'ont pas encore fait un pas en avant et ALDRAVANTIN parle seulement de « *filtrer l'eau* » « *suspecte à travers une étoffe épaisse, ou de la mêler au vin ou au* » « *vinaigre* ». C'est une première idée des antiseptiques, la plupart des bactéries pathogènes ne se développent pas en milieu acide.

Ce n'est qu'en 1669 que BOYLE donne les premiers procédés d'analyse de l'eau, et fait quelques essais à l'aide de réactifs tels que l'infusion de bois de Brésil, la teinture de noix de galle et le sirop de violettes.

Sur la voie qui conduit à une étude complète des Eaux potables, nous aurons à citer de très grands noms : HERNE (1680), LISTER (1682), VALLÉRIUS (1697), RÉGIS (1699), GEOFFROY (1707), HOFFMANN (1729), LE ROI (1752), MARGRAFF (1759), PRIESTLEY, GUYTON DE MOREAU (1792) établissent des méthodes pour la recherche des éléments minéraux.

SCHUREMBERG, en 1778, élève de BERGMANN, aborde le premier le grand inconnu des matières organiques.

C'est alors que les progrès considérables de la Chimie vont permettre de déterminer à peu près complètement la composition minérale et organique des eaux. Là se bornaient les recherches des hygiénistes qui considéraient l'analyse chimique comme suffisante pour apprécier la pureté d'une eau.

Le Hollandais LÆWENHECK signale la présence d'organismes invisibles à l'œil nu. Enfin PASTEUR, par ses immortelles découvertes, ouvre une voie nouvelle aux hygiénistes, et MIQUEL, attirant l'attention sur le rôle des infiniment petits dans les maladies infectieuses d'origine hydrique, signale l'importance de l'examen bactériologique.

(1) F. LEYSSENNE. *Les eaux en Champagne dévastée*. Thèse. Reims, *Hel-
 luy*. 1921, p. 23.

Importance de l'analyse chimique

A ce moment, lorsqu'apparut la Bactériologie, on eut tendance à délaissier l'analyse chimique, certains hygiénistes voulaient même la supprimer entièrement. Mais ici, ces deux sciences se complètent.

Les matières susceptibles de contaminer les nappes souterraines et les sources amènent des éléments étrangers, ou un accroissement tout à fait anormal de certains éléments que l'analyse chimique doit reconnaître afin de dépister l'origine de la contamination.

Le Comité consultatif d'Hygiène publique de France a fixé comme suit, en 1888, les proportions permettant d'apprécier la qualité d'une eau :

	Eau pure	Eau potable	Eau suspecte	Eau maulvaise
Chlore.....	0,015	0,040 ⁽¹⁾	0,050-0,100	0,100
Acide sulfurique ...	0,002-0,005	0,005-0,03	0,030	0,050
Matière organique en oxygène.....	0,001	0,002	0,003-0,004	0 004
Matière organique et produits volatils..	0,015	0,040	0,040-0,070	0 100
Degré hydrotimétrique total.....	5-15	15-20	30	100
Degré hydrotimétrique après ébullition	2-5	5-12	12-18	20

(1) Sauf au bord de la mer.

Les limites admises par le Laboratoire municipal de Paris pour les eaux potables sont les suivantes :

	Eau pure	Eau potable	Eau suspecte	Eau mauvalse
Extrait à 180°.....			500	
Alcalinité en carbonate de chaux.....			250	
Ammoniaque.....			0,1	1
Chlorures en chlorure de sodium	27	30-70	80-160	160
Sulfates en sulfate de chaux	3-8	8-50	50-85	85
Chaux totale.....			200	
Magnésie			30	
Phosphate			traces	
Hydrogène sulfuré.....			traces	
Oxygène emprunté au permanganate de potasse en liqueur acide (matière organique).....	1	1-2	3-4	4
Degré hydrotimétrique total.....	5-15	15-20	30	100
Degré hydrotimétrique après bullition	2-5	5-12	12-18	20

Mais ces limites des éléments constituant une eau potable sont trop étroites. C'est d'après l'ensemble des résultats fournis par les analyses chimique, bactériologique, d'après les propriétés physiques et organoleptiques, l'étude géologique des terrains traversés et la critique des causes de pollution que l'on arrive à établir si une eau peut être consommée.

Prélèvement des échantillons destinés à l'analyse chimique

Le prélèvement des échantillons d'eau destinés à l'analyse chimique doit être fait avec certaines précautions, absolument indispensables. Trop souvent, nous avons pu constater, dans nos campagnes, que le prélèvement pour les analyses chimique et bactériologique était fait soit par le maire, soit par le garde-champêtre, dans des conditions de propreté tout à fait insuffisantes. Les analyses d'eaux prélevées ainsi peuvent révéler une pollution qui, en réalité, n'existe pas. La prise d'échantillon devrait toujours être faite par le Chimiste ou le Bactériologue.

On se servira de bouteilles de verre de préférence bouchées à l'émeri ou avec du liège neuf paraffiné. Les bouteilles de grès doivent être rejetées comme pouvant modifier la dureté de l'eau et comme étant d'un nettoyage plus difficile (1). Les bouteilles de verre seront nettoyées avec une solution de permanganate de potassium, additionnée d'acide sulfurique. Cette précaution a pour but de détruire les matières organiques adhérentes au verre. On rince abondamment à l'eau. Un nouveau rinçage se fait, sur le lieu du prélèvement, avec de l'eau qui doit être recueillie.

Un volume de 5 litres est suffisant pour l'analyse chimique complète. Le laboratoire du Conseil supérieur de l'Hygiène prescrit de ne pas les réunir en un seul vase, mais en cinq bouteilles d'un litre.

Prélèvement. — Pour prélever un échantillon dans une source, une rivière ou un réservoir, on y plonge la bouteille elle-même si cela est possible, au-dessous de la surface du liquide. On évitera de recueillir la surface de l'eau ou d'entraîner les dépôts du fond.

Pour prendre un échantillon débité par une pompe, un robinet ou une borne-fontaine, on laisse couler l'eau qui a séjourné dans la pompe ou dans le tuyau de conduite avant de recevoir le jet directement dans la bouteille.

Un grand nombre d'appareils ont été imaginés pour le prélèvements d'échantillons d'eaux à diverses profondeurs, celui d'OGIER est le plus pratique et le plus utilisé.

Dans tous les cas, on remplit d'abord complètement la bouteille avec de l'eau, on la vide, on la rince encore une ou deux fois avec cette eau, on la remplit enfin jusque près du bouchon et on la ferme solidement.

On fait sur place toutes les observations nécessaires relativement
aux températures de l'air et de l'eau,
au dégagement de gaz carbonique,
à la présence d'hydrogène sulfuré,
aux dépôts crétacés, ferrugineux, etc.

(1) PELLERIN. *Guide pratique de l'expert chimiste en denrées alimentaires*. Paris. Maloine, 1910, p. 18.

Caractères organoleptiques des eaux potables

On a bien souvent essayé de donner une définition des eaux dites potables. Les plus récentes seules, bien entendu, tiennent compte de la question des bactéries.

L'Annuaire des Eaux de France assignait aux eaux potables les caractères suivants :

« Une eau peut être considérée comme bonne et potable quand elle est fraîche, limpide, sans odeur, quand sa saveur est très faible, quand elle n'est surtout ni désagréable, ni fade, ni salée, ni douceâtre, quand elle contient peu de matières étrangères, quand elle renferme suffisamment d'air en dissolution, quand elle dissout le savon sans former de grumeaux et qu'elle cuit les légumes ».

La définition d'Edmond BONJEAN (1) nous paraît résumer, par ordre d'importance, les principales conditions exigibles :

« L'eau destinée à l'alimentation de l'homme doit être pure, c'est-à-dire qu'elle ne doit présenter, par l'examen physique, chimique et microbiologique, aucun indice d'une souillure d'origine suspecte ; elle ne doit renfermer aucune substance capable d'occasionner, après un long usage, des troubles dans un organisme sain. Elle doit être agréable au goût, limpide et ne dégager aucune odeur. Elle doit être, autant que possible, propre aux usages domestiques ».

Limpidité.

— Une eau peut être limpide tout en étant colorée. Une eau de source est rarement colorée, mais, dans ce cas, elle ne paraît pas avoir d'action nuisible, au point de vue de l'hygiène, bien entendu si la couleur ne provient pas de substances nocives.

Pour vérifier la limpidité d'une eau, on se sert du *turbidimètre*, appareil constitué d'un tube de verre d'une longueur d'environ un mètre et de 4 à 5 centimètres de diamètre, fermée à l'une de ses extrémités par un bouchon sur lequel on a collé un papier blanc barré d'une croix noire. On verse l'eau jusqu'à ce qu'on ne distingue plus la croix noire. Suivant la hauteur d'eau versée, on a une eau trouble, louche ou limpide.

Moins de 0 m. 30 : Eau trouble.

De 0 m. 30 à 0 m. 60 : Eau louche.

Plus de 0 m. 60 : Eau limpide.

(1) E. BONJEAN. *Le sol et l'eau* [Martin et Brouardel. *Traité d'Hygiène*]. Paris, Baillière, 1925, t. 2, p. 385.

Odeur.

— Dans les cas très rares où nous avons pu l'apprécier, nous avons employé le procédé recommandé par le Formulaire des Hôpitaux Militaires : « *Dans un cristalliseur en verre de 400cc. de capacité, on verse 200 cc. d'eau et on couvre le cristalliseur d'une lame de verre. On chauffe jusqu'aux premières bulles de l'ébullition. On retire du feu et on laisse refroidir 5 minutes. Animant alors le cristalliseur d'un mouvement circulaire et écartant la lame de verre, on apprécie l'odeur.* »

Température.

— Les eaux de surface sont froides en hiver et chaudes en été. Tandis que la température des eaux profondes varie peu. Elles paraîtront donc fraîches en été et douces en hiver.

Saveur.

— Une bonne eau potable doit être agréable au goût. Sa saveur, venant des sels dissous, est difficile à apprécier, surtout dans nos régions où elle est très faible, et même nulle dans les terrains schisteux. Cependant, certaines personnes au palais exercé et sensible, peuvent comparer des eaux, et les classer d'après leur saveur. Nous nous contenterons de reconnaître si elle est fade ou désagréable.

Aération.

— Les gaz de l'air doivent se trouver dans la proportion de 5 à 23 cc. par litre d'eau, suivant la température. Une eau non aérée est lourde et indigeste, surtout s'il manque de l'oxygène, c'est qu'il est alors consommé par la faune ou la flore. Cet élément disparaît d'autant plus vite que la contamination est plus forte.

Usages domestiques.

— a) *Une bonne eau potable doit laisser mousser le savon.* Celui-ci est un mélange d'oléate, de palmitate et de stéarate de sodium. Si une eau contient du sulfate de calcium, la chaux forme un savon de calcium insoluble : oléate, palmitate et stéarate de calcium et du sulfate de sodium soluble. Le savon ne commencera à mousser que lorsque toute la chaux de l'eau sera insolubilisée. Ce principe a été appliqué dans l'hydrotimétrie que nous étudierons plus loin, pour connaître la « dureté » d'une eau.

Il ne faut donc pas de sels calcaires en trop grande quantité.

b) Ces sels calcaires en excès empêchent aussi *la cuisson des légumes*. Les pois, les haricots contiennent une caséine végétale qui forme avec les sels de calcium une combinaison insoluble à l'intérieur et les durcit.

Signification et dosage des divers éléments

On commence l'analyse chimique par la recherche et le dosage des produits les plus altérables qui sont les suivants :

Matières organiques ;
Azote ammoniacal ;
Azote aminé ;
Nitrites ;
Nitrates.

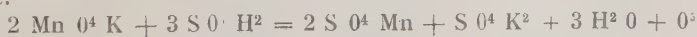
On procède ensuite aux déterminations des éléments suivants :

Acide carbonique libre ;
Acide carbonique combiné ;
Chlorures ;
Sulfates ;
Phosphates ;
Alcalimétrie totale ;
Alcalimétrie permanente ;
Degré hydrotimétrique total ;
Degré hydrotimétrique permanent ;
Résidu à 120° ;
Résidu après incinération ;
Silice ;
Fer et alumine ;
Chaux ;
Magnésie.

Matières organiques.

— *Méthode d'Albert Lévy.* — Les eaux potables renferment des matières organiques de diverses natures : substances hydrocarbonées ou azotées résultant de la décomposition des matières végétales ou animales avec lesquelles l'eau s'est trouvée en contact, et des bactéries et autres organismes vivants ou morts. Il est impossible de préciser la composition des produits désignés sous ce nom vague de « *matière organique* ».

Pour doser cette matière organique, la méthode la plus simple consiste à évaluer la quantité de permanganate de potassium nécessaire pour l'oxyder complètement ; et les résultats sont calculés d'après la dose d'oxygène que peut fournir le permanganate de potassium employé.



1 mg. de $\text{Mn } 0^4 \text{ K}$ correspond à 0 mg. 253 d'O.

ou 0 gr. 396 — — — — 0 mg. 100 —

L'expérience a montré qu'en général, les matières organiques d'origine végétale (eau traversant une tourbière, par exemple), exigent plus d'oxygène en milieu acide qu'en milieu alcalin, et que celles d'origine animale (infiltration de purin, de fosses d'aisances) en exigent plus en milieu alcalin qu'en milieu acide.

Nous ferons donc deux dosages, l'un en milieu acide, l'autre en milieu alcalin, pour avoir une indication probable de l'origine de la contamination.

Pour cela, nous avons besoin de 4 solutions :

A) *Solution de permanganate de potassium* à 0 gr. 395 par litre. 1 cc. de cette solution fournit 0 mg. 1 d'oxygène.

B) *Acide sulfurique chimiquement pur* à 66° Baumé, étendu au cinquième en volume.

C) *Solution saturée de bicarbonate de sodium.*

D) *Solution de sulfate de fer et d'ammonium.*

Sulfate de fer et d'ammonium	5 gr.
Acide sulfurique pur.....	20 cc.
Eau distillée q. s. p.....	1 litre

Cette solution décolore volume à volume la solution de permanganate de potassium.

Technique.

1°) Dosage en solution acide

Dans deux fioles coniques semblables de 350cc. environ, parfaitement propres, nous introduisons successivement :

	Fiole I	Fiole II
Eau à analyser	100 cc.	200 cc.
Acide sulfurique à 1-5	10 cc.	20 cc.
Solution de permanganate de potassium....	10 cc.	10 cc.

Chauffons à feu nu en même temps et maintenons l'ébullition pendant 10 minutes *exactement*. Laissons refroidir 30 minutes et le liquide doit être encore nettement rose.

Introduisons dans chaque fiole 10 cc. de solution de sulfate ferreux ammoniacal, ce qui doit produire immédiatement une décoloration totale.

Nous revenons à la teinte rose en faisant tomber dans la solution décolorée de la solution de permanganate contenue dans une burette graduée. Le chiffre lu sur la burette exprime le volume de solution permanganique consommé par l'eau, puisque les solutions de permanganate et de sulfate ferreux se correspondent volume à volume.

Soient n et n' les nombres de cc. consommés par les 100 et 200 cc. d'eau, $n' - n$ est le nombre de cc. réellement consommés par 100 cc. d'eau. Et par litre :

$$\text{mg. d'oxygène} \quad (n' - n) \cdot 0,4 \times 10 = \underline{n' - n}$$

2°) Dosage en solution alcaline



Dans deux fioles analogues aux précédentes, introduisons :

	Fiole I	Fiole II
Eau à analyser	100 cc.	200 cc.
Solution de bicarbonate de sodium.....	10 cc.	20 cc.
Solution de permanganate de potassium....	10 cc.	10 cc.
Ébullition 10 minutes, refroidissement 30 minutes.		

Revenons en milieu acide pour l'action du sulfate ferreux ; ajoutons successivement :

	Fiole I	Fiole II
Acide sulfurique à 1/5.....	10 cc.	20 cc.
Solution de sulfate ferreux	10 cc.	10 cc.

Déterminer le permanganate de potassium consommé comme en milieu acide.

Azote ammoniacal.

— Il indique que les eaux sont souillées par des matières d'origine animale ou végétale, telles sont les eaux d'égoûts et les eaux souillées par les purins, les urines, les matières fécales, et les eaux de certains terrains tourbeux et marécageux où abondent les matières organiques d'origine végétale.

Les eaux provenant de terrains granitiques boisés renferment souvent de l'azote ammoniacal d'origine végétale, elles peuvent être consommées sans inconvénient. L'examen bactériologique seul confirme un diagnostic défavorable.

Pour doser cet azote ammoniacal, nous avons besoin des quatre réactifs suivants :

A) *Réactif de Nessler :*

<i>Solution a</i> }	Iodure mercurique	50 gr.
	Iodure de potassium.....	36 gr. 50
	Eau distillée q. s. p.....	1 litre
<i>Solution b</i> }	Potasse caustique en plaques.....	150 gr.
	Eau distillée q. s. p.....	1 litre

Pour l'usage, mélanger volumes égaux de a et b. Ces solutions ainsi séparées se conservent bien.

B) *Magnésie récemment calcinée.*

C) *Solution de chlorhydrate d'ammoniaque* à 0 gr. 0382 par litre.

Cette solution servira aux comparaisons colorimétriques : 1 cc. correspond à 0 mg. 01 d'azote ou 0 mg. 012 d'ammoniac.

D) *Solution alcaline de permanganate de potassium* :

Permanganate de potassium	8 gr.
Soude caustique en plaques	200 gr.
Eau distillée q. s. p	1 litre

En distillant lentement un litre d'eau à analyser en présence de magnésie, l'ammoniac passe dans les premiers 100 cm³ de distillat.

L'ammoniac est caractérisé par son action sur le Réactif de Nessler. Avec des solutions diluées, il se fait un précipité brun : Hg⁹ N⁴I⁶. En présence des quantités d'ammoniac de l'ordre du dixième de mg. comme on les dose généralement dans les eaux, la formation de ce même composé ne produit qu'une coloration brune dont l'intensité est proportionnelle à la quantité d'ammoniac.

La réaction peut s'écrire :



On compare colorimétriquement la coloration produite par l'ammoniac à doser à celle que fournit la solution de titre connu en ammoniac.

Azote aminé.

— L'ammoniac se forme par putréfaction des matières organiques azotées ; mais si la décomposition est incomplète, il reste une certaine proportion de matières protéiques à un degré plus ou moins avancé de protéolyse ; c'est ce que nous appelons : « *azote aminé* ». On le rencontre dans les eaux de marais et d'étangs qui sont peu aérés ou peu agités.

Il ne doit pas exister dans l'eau potable, même à l'état de traces.

Pour le rechercher, on se sert du résidu de la précédente opération. L'eau débarrassée de son ammoniaque saline est additionnée de 50cc. de solution alcaline de permanganate, et on distille pour recueillir 50 cc. Le permanganate décompose les matières protéiques et transforme leur azote en ammoniac que l'on dose comme précédemment par nesslerisation.

Azote nitreux.

— Il provient de la décomposition de matières organiques d'origine animale et végétale. Le nitrosobacter oxyde dans le sol l'azote ammoniacal et le transforme en azote nitreux. Celui-ci, à son tour, sera oxydé par le nitromonas pour donner l'azote nitrique, terme de l'oxydation. Il peut provenir aussi de la réduction des nitrates.

L'azote nitreux se dose rarement dans les eaux, puisque sa présence seule suffit pour rejeter l'eau de la consommation.

Pour le rechercher, nous avons employé le *Réactif de Griess* :

Solution A	}	Acide sulfanilique	0 gr. 50
		Acide acétique à 10 %	150 cc.
Solution B	}	α Naphtylamine	0 gr. 05
		Acide acétique à 10 %	100 cc.

Dans une fiole cylindrique, verser 100 cc. eau, puis 2 cc. de solution A et 2 cc. de solution B. En 5 minutes, on obtient une coloration rose même avec moins de 0 mg. 1 d'azote nitreux par litre.

Le dosage se fait par colorimétrie.

L'acide sulfanilique en présence de traces de nitrites donne naissance à un composé diazoïque que l'action ultérieure de la naphtylamine convertit en un azoïque dont la solution aqueuse est de couleur rose.

Azote nitrique.

— Beaucoup d'eaux contiennent des nitrates dont l'origine est variable. Ils peuvent provenir, comme nous venons de le voir, des matières organiques d'origine animale ou végétale, l'azote étant amené à son maximum d'oxydation. Il s'en trouve aussi dans l'eau de pluie en temps d'orage. De plus, le nitrate de sodium est très employé comme engrais dans nos campagnes ; étant soluble, il est entraîné dans le sous-sol par l'eau de pluie.

Quelle que soit l'origine de l'eau, si les nitrates ne sont pas associés à une dose élevée de chlorures, il est permis d'admettre que leur origine est essentiellement végétale, synthétique, que leur présence enfin n'est pas un mauvais signe (1).

On dose l'acide nitrique à l'aide du *Réactif sulfophénique de Grandval et Lajoux* :

Phénol neigeux	7,50
Acide sulfurique.....	92,50

Sur le résidu de l'évaporation de l'eau, on fait agir ce réactif. Sous l'influence de l'acide sulfurique, l'acide nitrique est libéré et réagit aussitôt sur le phénol pour donner des composés nitrés du phénol assez peu colorés. Mais leurs sels ont une belle couleur jaune. Nous les transformons en sels d'ammonium que nous dosons colorimétriquement par comparaison avec des solutions de titre connu de nitrate : 80 mg. 26 de nitrate de potassium par litre d'eau.

La réaction se produit aussi en présence de nitrites qu'on devra détruire en faisant bouillir l'eau 10 minutes avec une trace d'acide sulfurique et d'urée.

D'autre part, si l'eau renferme plus de 0 gr. 030 de chlorures par litre, le dosage des nitrates n'est plus exact ; il faut éliminer les chlorures par une quantité correspondante de sulfate d'argent, l'acide sulfurique ne gênant par la réaction.

(1) E. BONJEAN. *Le sol et l'eau*. [Martin et Brouardel. *Traité d'Hygiène*. Paris, Baillière, 1925, t. 2, p. 385.

Acide carbonique total.

— C'est grâce à l'acide carbonique que certains éléments, comme le carbonate de calcium, sont tenus en dissolution. Le gaz carbonique du sous-sol se dissout facilement dans l'eau et peut lui communiquer une saveur agréable.

Pour le dosage, on met 100 cc. d'eau dans un flacon de 200 cc. bouché à l'émeri. On le remplit d'eau de chaux récemment filtrée, de façon que le flacon soit plein exactement jusqu'au bouchon. On laisse 12 heures en contact et on verse sur un filtre sans plis. Il est impossible d'enlever tout le carbonate de calcium, car le précipité adhère aux parois. Après avoir lavé à l'eau distillée récemment bouillie, on remet le petit filtre à l'intérieur du flacon dans lequel on a mesuré 10 cc. d'acide sulfurique déci-normal, pour transformer tout le carbonate de calcium en sulfate de calcium soluble. On fait bouillir un instant et on titre l'excès d'acide sulfurique par la soude déci-normale en présence d'une goutte de phtaléine.

Acide carbonique combiné.

— Après avoir porté à l'ébullition pendant 5 minutes 100 cc. d'eau additionnés de 10 cc. d'acide sulfurique déci-normal, on titre comme précédemment l'excès d'acide sulfurique par la soude déci-normale, ce qui donne l'acide carbonique combiné. La différence entre les deux résultats obtenus nous donne la quantité d'acide carbonique libre et demi-combiné.

Chlorures.

— Lorsque l'eau contient des chlorures d'origine géologique, elle peut être consommée sans inconvénient ; mais si elle est contaminée par des matières fécales ou des urines, on trouvera une quantité notable de chlorures et la bactériologie confirmera la pollution.

On les dose par la *Méthode de Mohr* : après avoir réduit l'eau à un petit volume, on met une goutte de solution de chromate de potassium comme réactif indicateur et on verse jusqu'au virage une solution de nitrate d'argent à 2 gr. 9075 ; un centimètre cube de cette solution de nitrate représente 1 mgr. de chlorure de sodium.

Sulfates.

— Les sulfates proviennent des terrains traversés susceptibles de contenir du sulfate de calcium. Ils sont dosés de la façon suivante : On concentre un litre de l'eau étudiée à 50 cc. en présence d'acide chlorhydrique. On ajoute du chlorure de baryum dans la solution bouillante. On filtre, calcine et pèse. Le poids multiplié par 0,3433 donne en milligrammes le poids de SO_3 .

Phosphates.

— On considère l'acide phosphorique dans les eaux comme un indice de contamination probable, soit par des matières fécales, soit par l'urine, soit par des eaux résiduaires industrielles, soit par des engrais.

La dose d'acide phosphorique naturel étant fort petite, si l'on ren-

contre des proportions supérieures à un demi-milligramme, il y a lieu de conclure à la contamination.

Les phosphates alcalins en contact avec les terrains calcaires se-transforment en phosphate tricalcique insoluble, c'est ce qui explique pourquoi, même dans des eaux polluées, on ne rencontre presque jamais de phosphates. L'absence de phosphates n'est pas une preuve de non contamination.

Méthode de Denigès (1).

Quatre solutions nous seront nécessaires pour le dosage :

Solution A. — Molybdate d'ammoniaque à 1/10.

Solution B. — Acide sulfurique à 1/2 en poids.

Solution C. de chlorure stanneux obtenu en faisant dissoudre 0 gr. 30 d'étain pur dans 6 cc. d'acide chlorhydrique en présence d'une trace de sel de cuivre. Compléter avec de l'eau distillée à 30 cc.

Solution D. — Orthophosphate diammonique à 1 gr. 858 %. 1 cc. de cette solution correspond à 0 gr. 001 de $P^2 O^5$.

Appelons *réactif I* un mélange de :

Solution A : 2 cc.

Solution B : 6 cc.

et *réactif II* la solution C.

Dans un tube de *Grandval et Lajoux*, on verse 50 cc. d'eau à analyser, puis 5 gouttes de *réactif I* et on agite. Après avoir ajouté 2 gouttes de *réactif II* et agité, on met 6 gouttes d'acide sulfurique pur.

La teinte bleuâtre obtenue est comparée colorimétriquement avec la solution D, dans laquelle on verse les mêmes quantités de réactifs que précédemment.

Alcalinité.

— L'alcalinité totale montre d'emblée la teneur de l'eau en bicarbonates alcalino-terreux et alcalins, et l'alcalinité permanente permet de juger si l'eau renferme des bicarbonates alcalins. On les exprime en carbonate de calcium.

La première se dose directement par l'acide sulfurique déci-normal en présence d'hélianthine, tandis que l'alcalinité permanente se détermine sur l'eau après ébullition et filtration.

(1) René PIERRON. *L'eau de source à Nancy*. Thèse. Nancy. *Les Arts graphiques modernes*, 1927, p. 87.

Hydrotimétrie.

— Cette méthode d'essai des eaux permet de déterminer d'une manière approchée les quantités de sels terreux et l'anhydride carbonique dissous.

Une eau qui renferme une grande quantité de sels terreux est dite « dure ». Elle n'est pas directement utilisable au blanchissage, à l'alimentation des chaudières, à la cuisson des légumes.

Nous déterminons le degré hydrotimétrique total directement sur l'eau et le degré hydrotimétrique permanent après ébullition et filtration (l'acide carbonique est chassé et le carbonate de calcium précipité).

Le degré total révèle non seulement les bicarbonates alcalino-terreux, mais les sulfates ; le second confirme ou non la présence de sulfates alcalino-terreux.

Rappelons le principe de cette méthode :

Le savon de sodium donne une mousse persistante avec de l'eau pure, après agitation. Dans les mêmes conditions, l'eau renfermant des sels terreux précipitera le savon de sodium par double décomposition à l'état de savon insoluble, la mousse persistante ne se produira qu'en présence d'un excès de savon. Plus l'eau est riche en sels calcaires et magnésiens, plus il faudra employer de savon : mais le volume de solution de savon consommé n'est pas rigoureusement proportionnel à la quantité de sels alcalino-terreux contenus.

L'anhydride carbonique décompose le savon alcalin en acide gras et bicarbonate alcalin ; il se trouve donc dosé en même temps que les sels terreux.

Résidu sec et après incinération.

— On évapore au bain-marie un litre d'eau dans une capsule de platine à fond plat. Après avoir porté à l'étuve et au dessiccateur, on pèse le résidu sec qui donne une idée de la minéralisation.

On procède ensuite à l'incinération en portant lentement au rouge : au cours de cette opération, l'eau de constitution des sels, la matière organique, une partie de l'acide carbonique des carbonates alcalino-terreux, une partie des chlorures, des nitrates se décomposent et se volatilisent.

Silice.

— Pour doser la silice nous évaporons à sec deux litres d'eau dans une capsule de quartz. On arrose le résidu avec de l'acide chlorhydrique pur. On chauffe à 150° pour insolubiliser la silice. On reprend par l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique, on filtre, lave, sèche, incinère au mouffle et pèse la silice SiO_2 .

La réaction de l'acide fluorhydrique sur le filtrat nous permettra de nous assurer que toute la silice est restée sur le filtre.

Fer et alumine.

Certaines eaux issues principalement de terrains pyriteux peuvent recéler du fer et de l'alumine. L'eau sort limpide, elle possède un goût métallique. Après quelques heures de circulation ou de contact avec l'air, le fer qui était en solution dans l'eau à l'état de sel ferreux, s'oxyde et passe à l'état de sel ferrique. Dans la suite, il se forme une suspension d'oxyde ferrique de couleur rouille, puis le précipité se dépose et l'eau décantée devient limpide.

On recueille le liquide filtré et les eaux de lavage de l'opération précédente, on ajoute de l'ammoniaque jusqu'à réaction nettement alcaline, en se servant comme réactif indicateur de bleu de bromo-thymol. Après avoir porté à ébullition, on filtre, lave à l'eau bouillante, sèche, incinère et pèse : $\text{Fe}^2\text{O}^3 + \text{Al}^2\text{O}^3$.

Chaux.

— Après avoir séparé l'oxyde de fer et d'alumine, le liquide filtré est rendu nettement acide par l'acide acétique. Puis on ajoute un fort excès d'oxalate d'ammoniaque qui précipite la chaux à l'état d'oxalate de calcium. Après avoir laissé déposer pendant 24 heures, on filtre à froid et on lave à l'eau bouillante jusqu'à ce que l'eau ayant lavé le précipité ne soit plus acide. On sèche, incinère au moufle et pèse la CaO .

Magnésie.

— Les sels de magnésie trop abondants dans l'eau lui communiquent des propriétés laxatives. Pour les doser, on opère sur le résidu du dosage de la chaux. Le liquide filtré est rendu fortement ammoniacal et on précipite la magnésie à l'état de phosphate ammoniac-magnésien par le phosphate d'ammoniaque. On filtre, sèche, incinère au moufle, et pèse les cendres qui sont généralement grises ; pour avoir le poids en MgO , on multiplie le poids de pyrophosphate de magnésie $\text{P}^2\text{O}^7\text{Mg}^2$ par 0,3603.

TROISIÈME PARTIE

ÉTUDE BACTÉRIOLOGIQUE

CHAPITRE I

Importance de l'analyse bactériologique

L'étude géologique des terrains permet d'éviter une contamination et de la retrouver si elle se produit ; l'analyse chimique nous apporte des renseignements précieux sur la mauvaise qualité d'une eau, elle nous indique sa potabilité générale, mais seule, la Bactériologie nous renseigne sur sa pureté.

L'analyse bactériologique se charge d'indiquer la teneur en Bactéries et la nature de celles-ci : les unes sont banales, inoffensives, certaines même sont reconnues comme susceptibles de détruire les autres. Mais les pathogènes procurent la fièvre typhoïde, le choléra, la dysenterie, la diphtérie même.

Leur recherche est très délicate : actuellement, il est encore très difficile de distinguer le *Bacille d'Eberth* du *Bactérium Coli*, et les hygiénistes tiennent pour suspecte toute eau qui renferme ce dernier, parce que ce microbe se trouve toujours et normalement dans les intestins humains et animaux, que sa présence dénonce donc une eau souillée par des matières fécales.

L'analyse quantitative détermine le nombre des bactéries ; l'analyse qualitative détermine leur espèce : celle-ci est beaucoup plus importante que la numération, une seule bactérie pathogène présentant bien plus de périls que des millions de bactéries banales.

CHAPITRE II

Germes dans le sol

La croûte terrestre, sur une épaisseur très minime, contient des quantités énormes de germes de toutes sortes. Quelques chiffres vont nous donner une idée de leur nombre dans les couches superficielles (1).

Colline sableuse, aride ..	1.600	bactéries	aérobies	par	gr.
Terre gazonnée à Paris..	700.000	—	—	—	—
Boue de ville.....	78.000.000	—	—	—	—

Tous ces chiffres s'appliquent à la surface seulement ; au fur et à mesure que l'on s'enfonce dans la profondeur, les microorganismes deviennent moins abondants, non pas progressivement, mais bien, ainsi que cela résulte des remarquables recherches de FRANKEL, tout d'un coup, vers 1 m. 25 environ, de telle sorte que l'on trouve à ce niveau 100 fois moins de germes qu'à 25 cm. au-dessus. En tous cas, les ensemcements avec de la terre prise à 4 ou 5 m., alors même que cette profondeur appartient à la nappe souterraine, ne donnent plus de colonies, ou très exceptionnellement.

Le sol, en effet, qui dans ses couches superficielles constitue dans la plupart des cas un excellent milieu de culture pour les microbes aérobies, perd dans les portions profondes la majeure partie de ses qualités, et notamment celle de pouvoir servir de milieu respiratoire. Aussi les bactéries aérobies perdent-elles assez rapidement le pouvoir de végéter et de pulluler.

Messieurs GRANCHER et DESCHAMPS, expérimentant la façon dont se comporte le Bacille typhique dans le sol, sont arrivés aux résultats suivants : le Bacille d'Eberth peut pénétrer à une distance maximum de 40 à 50 cm. dans l'intérieur du sol et y vivre pendant un laps de temps de 5 mois 1/2. Il se conserve même mieux dans la terre que dans les cultures à l'air libre.

Donc tous les auteurs sont d'accord pour admettre qu'à une certaine profondeur, la vie cesse absolument, profondeur plus importante pour les anaérobies que pour les aérobies. Toutefois, tout ceci ne s'applique qu'à des sols sans solutions de continuité, car dans les terrains fissurés qui nous intéressent particulièrement, l'eau entraîne les germes de la surface, coule dans les fissures et on retrouve ces germes dans l'eau à de grandes profondeurs.

(1) G. ROUX, *Précis d'analyse microbiologique des eaux*. Paris. Baillière, 1892, p. 41.

CHAPITRE III

Prélèvement des échantillons destinés à l'examen bactériologique

Les résultats de l'examen bactériologique dépendent entièrement de la manière dont les échantillons ont été prélevés et conservés jusqu'au moment de la mise en culture. Un prélèvement effectué dans des conditions mauvaises ou insuffisantes peut, de par les résultats de l'examen bactériologique accidentellement faussés, avoir des conséquences très importantes, car du résultat de l'examen bactériologique dépend souvent le sort d'une eau. Nous ne saurions trop engager les analystes à faire leurs prélèvements eux-mêmes.

Comme pour les échantillons destinés à l'analyse chimique, on devra se garder de prélever les eaux de surface ou de fond, s'il s'agit de réservoirs ou de cours d'eau, et faire couler le plus longtemps possible, s'il s'agit d'un puits, d'une fontaine ou d'un robinet de canalisation. On utilise des flacons en verre blanc de 150 cc. environ de capacité, bouchant à l'émeri. On stérilise ces flacons au laboratoire à l'autoclave pendant deux heures à 160° ; ils sont ensuite entourés de papier souple et on les stérilise de nouveau pendant 10 minutes. Chaque flacon est placé dans un étui en fer blanc (1).

Arrivé sur les lieux, on prend le flacon au moyen d'une longue pince nickelée courbe à l'extrémité, de manière à enserrer le goulot, flamber et remplir d'eau le flacon sorti de son étui et de son enveloppe de papier et reboucher dans la flamme. Le flacon est étiqueté, remis dans son enveloppe de papier et dans son étui, puis placé dans une glacière.

Cette glacière est constituée par une boîte en zinc doublé de bois renfermant des morceaux de glace dans de la sciure de bois ; un robinet à la partie inférieure permet de faire écouler de temps en temps l'eau de fusion.

Dès l'arrivée des échantillons d'eau au laboratoire, on procède aux ensemencements.

(1) PELLERIN. *Guide pratique de l'expert chimiste en denrées alimentaires*. Paris. Maloine 1910, p. 19.

Examens bactériologiques

Numération des germes. — On prend un flacon de 150 cc., on l'agite vivement pour obtenir une égale répartition des germes. On flambe le goulot, enlève le bouchon, plonge la pipette à numération et on ensemence 6 tubes de gélatine fondue avec 3/20, 6/20, 9/20 de centimètre cube d'eau, et 3/20, 6/20, 9/20 de cc. d'eau diluée à 1/10. Cette gélatine est ensuite coulée dans des boîtes de *Pétri* et solidifiée par abandon à la température ambiante dans un endroit peu éclairé.

Au bout d'un temps qui varie de 4 à 15 jours, on compte le nombre de colonies visibles sur la gélatine. La numération est pratiquée le plus tard possible, mais avant que la gélatine ait subi une liquéfaction excessive.

Par le calcul on ramène le nombre des colonies au centimètre cube, et on prend finalement la moyenne des numérations.

La plupart des bactériologues admettent que le chiffre maximum qui ne doit pas être dépassé est de 500 par cc. MIQUEL (1) a dressé une échelle indiquant de façon approximative par multiples de 10 afin de mieux graver les chiffres dans la mémoire, quelle doit être la teneur en bactéries des différentes catégories d'eaux.

Eau excessivement pure :	0 à 10	bactéries par cc.
Eau très pure	10 à 100	» » »
Eau pure	100 à 1000	» » »
Eau médiocre	1000 à 10000	» » »
Eau impure	10000 à 100.000	» » »
Eau très impure	plus de 100.000	» » »

Fait curieux et qui semble au premier abord paradoxal, c'est en hiver et en automne que les eaux de sources et de rivières sont les plus chargées en microorganismes, et au contraire, c'est en été qu'elles sont les plus pures. Il n'existe donc aucune relation entre la température des eaux et leur richesse en bactéries. D'autre part, une numération n'a de valeur que si l'eau prélevée est réellement semblable à celle qui doit être ultérieurement distribuée. On comprend sans peine que des échantillons recueillis dans le bassin d'une source non captée (Sx, FOSSE-BLEUE, nouvelles sources destinées à alimenter CHARLEVILLE) exposée à toutes les souillures de l'air, donneront des chiffres de bactéries considérables, mais illusoires.

(1) D^r MIQUEL. *Manuel pratique d'analyse des eaux*. Paris. Gauthier-Villars, 1891, p. 129.

Recherche et numération du *Bacterium coli* :

En dehors du nombre des germes, on peut envisager aussi le nombre des espèces. D'une manière générale, les eaux sales contiennent de nombreux germes appartenant à des espèces variées. Le grand nombre des espèces est donc assez souvent un mauvais indice.

Les plus importants germes pathogènes sont les bacilles typhiques et paratyphiques A et B, le *Bacterium Coli*, les bactéries putrides des matières fécales et d'autres espèces : *Micrococcus ureae*, *proteus*, *staphylocoques*, *pyocyaneus*, etc. Même si l'on admet que ces germes n'ont pas eux-mêmes une action pathogène, leur présence est condamnable. Mais il faut se rappeler que ces germes, en particulier le *Bacterium Coli*, sont très répandus sur le sol. Lorsqu'une eau renferme quelques B. Coli par litre, si les résultats des analyses chimiques et bactériologiques fournissent un ensemble d'indications favorables, il y a lieu de supposer que la présence de cette bactérie est due à une cause banale et facilement remédiable.

Si au contraire, l'ensemble des résultats indique une eau suspecte : matière organique abondante, forte quantité de chlorures, présence d'azote nitreux ou aminé, nombre élevé de bactéries d'espèces variées, il convient d'attacher à ce B. Coli une réelle importance et de considérer l'eau comme souillée par des matières fécales.

Vincent admet qu'une eau assez bonne et même bonne peut renfermer 10 à 50 B. Coli par litre ; 50 à 100 B. Coli indiqueraient une eau douteuse ; plus de 100 B. Coli par litre correspondraient à une eau mauvaise.

De tous les germes intestinaux, c'est le B. Coli le plus facile à mettre en évidence, c'est pourquoi on l'a choisi de préférence à tout autre.

Les principales propriétés de cette bactérie sont :

Fermentation du glucose ;

Réduction du rouge neutre à 40°5 ;

Développement en milieu phéniqué.

C'est cette dernière propriété que nous avons utilisée pour la recherche et la numération du *Bacterium Coli*. Dans 2 ballons contenant 50 cc. de bouillon phéniqué à 2 pour 1.000, nous mettons :

Ballon I		Ballon II	
Eau à examiner	2 cc.	Eau à examiner	5 cc.
Eau stérile	48 cc.	Eau stérile	45 cc.

On répartit le contenu de chaque ballon en 10 tubes et l'on porte à l'étuve à 37° pendant 48 heures. L'odeur de la culture, sa réaction, sa coloration, la production de pigments verts, fluorescents, bruns, sont autant d'indices de la présence du B. Coli.

Après 48 heures, on fait la réaction de l'*Indol*. Dans chaque tube on ajoute du nitrite de soude et de l'acide sulfurique. En présence du B. Coli, le bouillon passe du jaune au rouge.

On suppose que chaque tube donnant une réaction positive n'a reçu qu'un germe ; d'après le nombre de tubes ayant donné une réaction positive, et le volume d'eauensemencée nous en déduirons le nombre de bacilles contenu dans un litre d'eau.

Diénert et Guilbert (1) attachent plus d'importance au pouvoir indoligène du *Bacterium Coli* trouvé qu'au nombre même de *B. Coli* ; le pouvoir indoligène serait en rapport avec la virulence et la fraîcheur même du germe.

Bacilles typhiques et paratyphiques A et B. - Le Bacille d'Eberth est contenu en grande quantité dans les matières fécales et les urines des typhiques. C'est par la dissémination des germes provenant des déjections des malades et leur introduction dans le tube digestif que se propagent les épidémies typhiques. La contagion se produit de différentes manières, mais c'est l'eau de boisson qui est le principal vecteur du germe nocif.

Quelle que soit l'importance de sa recherche dans l'analyse de l'eau potable, il ne faut pas oublier qu'on ne l'y trouve qu'assez rarement, même dans les eaux qui ont déjà propagé la fièvre typhoïde. De toute manière, la constatation de ces germes dans une eau suffit évidemment pour en faire condamner l'emploi. D'autre part, les aspects morphologiques des Bacilles d'EBERTH et *Coli* étant assez semblables, il est probable qu'on a confondu plus d'une fois le premier avec le second.

On fait des cultures sur peptone en prélevant entièrement une colonie prêtant à confusion, et on soumet la colonie aux essais de différenciation.

On fait tout d'abord un ensemencement sur bouillon de bile au vert malachite pour avoir une idée de la contenance fécale de l'eau. Dans le cas où les microbes du groupe T A B et même le *B. Coli* sont présents, il y a décoloration du milieu et production de gaz.

Dans le cas de décoloration et de production de gaz, on opère des repiquages sur les milieux et on lit les résultats :

MILIEUX	T	A	B	B. Coli
Gélose lactosée tournesolée	0	0	0	rougit
Indol	0	0	traces	+
Gélose au rouge neutre....	0	Décoloration Légère fluorescence.	Décoloration Fluorescence	Décoloration Fluorescence
Gélose au plomb.....	H ₂ S, noircit	0	H ₂ S, noircit	0
Lait tournesolé.....	0	rougit	rougit, puis bleuit	rougit, coagule
Agglutination				
Eberth sérum.....	+	0	0	0
Para A sérum.....	0	+	0	0
Para B sérum.....	0	0	+	0

(1) F. DIÉNERT. *Hydrologie agricole*. Paris. Baillière, 1918, p. 253.

Bacilles anaérobies. Les bacilles anaérobies (*B. perfringens* p. ex.), sont très répandus dans l'intestin de l'homme et des animaux et dans le sol. Comme le *B. Coli*, ils décèlent la contamination par les matières fécales, s'ils existent en grande abondance.

Pour les mettre en évidence, on chauffe à 80° pendant 10 minutes l'eau à examiner pour détruire les autres germes. 20 cc. de cette eau sont placés dans un tube avec 20 cc. de gélose glucosée additionnée de sulfite de sodium et d'alun de fer. Après 48 heures d'étuve, les germes anaérobies donnent des colonies noires dans la masse de la gélose.

QUATRIÈME PARTIE

RÉSULTATS

Nous allons grouper nos résultats d'après les terrains dans lesquels nous avons opéré nos prélèvements. Après avoir donné le rapport géologique des différentes sources, nous joindrons à nos analyses chimiques et bactériologiques celles que nous avons pu obtenir du Laboratoire départemental de Bactériologie et d'Hygiène des Ardennes.

1) RÉGION SCHISTEUSE

DEVILLE

Déville est située dans la Vallée de la Meuse, en un point où cette vallée est très resserrée. La couche d'alluvions y est très réduite. L'eau qu'on trouverait à la base de ces alluvions risque d'être polluée par des terrains primaires anciens : les schistes et les quartzites de **REVIN**. C'est dans ces terrains qu'est entaillée la Vallée de la Meuse. De chaque côté du fleuve, des pentes rapides montent vers les plateaux dont l'altitude à l'Ouest de **DEVILLE** atteint 380 m. Ces hauteurs sont couronnées par une couche de 3 à 5 m. de limon d'altération qui recouvre le terrain primaire.

C'est au contact de ces 2 formations que jaillissent les 2 sources de *La Croix-Bouzin* et *La Fontaine-des-Cugnets*, à 2 km. de **DEVILLE**, dans des régions non habitées et boisées.

II) L I A S

DAIGNY — SEDAN

La ville de **Sedan** et le village de **Daigny** sont alimentés en eau par les mêmes sources. Ils ont capté les sources du *Pragnon* qui émergent sur le territoire de **DAIGNY** au lieu-dit : « *Le Fond-d'Haybes* ».

Le bassin d'alimentation de ces sources est fermé par le massif boisé situé au Nord-Est du point d'émergence des eaux ; il atteint la cote 293, et est constitué par du calcaire sableux liasique formé d'une alternance de couches de sables et de grès livrant passage aux eaux de pluie. Le soubassement est constitué par l'assise à gryphées arquées qui affleurent vers le bas de la vallée.

Les eaux doivent traverser une épaisseur appréciable de sédiments assez filtrants, et dans ce massif boisé, aucune habitation n'est susceptible de les polluer.

MEZIERES

Mézières est, en majeure partie alimentée par les sources du *Mazy* et du *Plateau de Bertaucourt*. Elles proviennent de terrains de mêmes formations.

La source du *Mazy* émerge à 190 m. d'altitude à la pointe Sud-Ouest d'un bois isolé à 600 m. environ qui conduit de ce hameau à SAINT-LAURENT. Elle sort comme la source venant du flanc Nord du *Plateau de Bertaucourt*, de terrains calcaires appartenant à la formation liasique.

III) JURASSIQUE INFÉRIEUR

CHARLEVILLE

Charleville est alimentée en eau par la source de *Néparcy*. Mais, vu le développement de la ville, l'alimentation en eau devient insuffisante, et des travaux sont entrepris pour capter deux sources supplémentaires qui donnent naissance au ruisseau *Maronne* : les sources du *Pré-Chanet* et du *Fond-de-Doux*.

Ces trois sources sont situées sur le territoire de CLAVY-WARBY ; elles émergent dans des éboulis calcaires qui encombrant le fond des vallons, et qui reposent sur la marne de FLIZE.

Ces éboulis proviennent des versants de ces vallons qui sont constitués par des bancs de calcaire de l'étagé Bajocien.

Les eaux de ces sources circulent dans les fissures des bancs calcaires du Bajocien et ne sont guère filtrées ; mais l'absence de fermes en amont et un périmètre de protection de 100 m. autour de chaque source seront des causes de non-contamination.

ELAN

Le village d'**Elan** a capté les sources émergeant dans le talus du chemin vicinal d'ELAN à SAPOGNE, à la lisière d'un bois domanial.

Ces eaux se manifestent vers la base de l'assise inférieure de l'é-

tage Bathonien où elles se trouvent retenues par des couches de calcaires marneux reposant sur le sommet de l'étage Bajocien.

Le bassin d'alimentation de ces sources est formé par les hauteurs situées au Nord du chemin de SAPOGNE et constituées par la même assise bathonienne. Les précipitations atmosphériques traversent aisément cette assise à la faveur des fissures dont elle est affectée. Les eaux qui reparaissent après avoir effectué ce parcours ne sont donc pas bien filtrées. Néanmoins, le bassin d'alimentation étant boisé et aucune habitation n'existant à proximité, l'eau n'est pas contaminée.

De plus, une galerie est enfoncée à une profondeur suffisante, de manière à éliminer les eaux superficielles.

HANNOGNE - SAINT - MARTIN

Ce village qu'alimente un puits situé dans le pays, va le remplacer par une source provenant de la colline située au Sud de l'agglomération. Le calcaire étant très fissuré, le captage dans le village est à écarter.

La colline qui forme le bassin d'alimentation est constituée par l'étage Bajocien formé de bancs de calcaire jaune fissuré et surmontés de l'assise inférieure de l'étage Bathonien formé de bancs de calcaire arénacé avec intercalation de lits de marne. Au sommet, subsiste un îlot de limon des plateaux et, au Sud, un lambeau de dépôts continentaux (argile et sables ferrugineux) rapportés à ce terrain.

IV) JURASSIQUE MOYEN

SY

Le village de **Sy**, pour s'alimenter en eau potable, va capter les eaux de la *Fontaine-Saint-Roch* qui émergent au Sud de l'agglomération, dans le talus (côté Sud) du chemin vicinal ordinaire de Sy à BRIEULLES, ainsi que dans un pré situé au-dessus de ce talus.

Les eaux de la *Fontaine Saint-Roch* émergent dans le calcaire coralligène de l'étage Rauracien qui constitue le soubassement de la région.

Cette formation est un calcaire de couleur blanc crème offrant de nombreuses perforations et cavités correspondant aux vides laissés par le test des mollusques et les polypiers dissous dans les eaux circulant dans ce sédiment.

La constitution de cette formation montre qu'elle ne renferme pas de niveau aquifère régulièrement distribué, mais un réseau plus ou

moins compliqué qui circule à travers toute sa masse à la faveur des cavités et fissures dont elle est affectée.

Quelques lits marneux plus ou moins continus retiennent les eaux à certains niveaux. Ces conditions montrent que les eaux circulant à travers le calcaire rauracien ne sont pas filtrées par ce sédiment.

On doit prendre les eaux sous une épaisseur aussi grande que possible et faire un dispositif assurant l'élimination des eaux purement superficielles : tranchées contenant un tuyau collecteur perforé avec pierres recouvertes d'un corroi d'argile, périmètre de protection qu'on boîsera.

WADIMONT

Ce village capte la source du *Jutin*, situé à 800 m. au N. N. E. du centre de WADIMONT au pied d'un talus constitué par de la craie marneuse du Turonien.

Les eaux de ruissellement doivent être éliminées et un périmètre de protection de 50 m. doit être respecté.

SIGNY-L'ABBAYE

Signy-l'Abbaye, située au centre de la région des gouffres n'a pu s'alimenter en eau jusqu'à maintenant, que par des puits pollués plus ou moins fréquemment.

Cette commune va essayer de capter les eaux de résurgences et de les filtrer et javelliser.

Les travaux sont entrepris à la source des *Robans* et à *La Fosse-Bleue*.

Les eaux des *Robans* émergent dans la petite forêt de SIGNY, à 1.500 m. au Sud de l'agglomération, à la limite du Callovien et de la gaize à *Cardioceras Lamberti*. Des tranchées profondes avec couverture isolante ou filtrante sont nécessaires pour éviter la pollution par les eaux artificielles.

La Fosse-Bleue ou *Fosse-à-Vaux* donne naissance au ruisseau « *La Vaux* ». Elle est située à 2 km. au Nord de SIGNY, dans un vallon orienté N.-S. qu'entame l'assise supérieure de l'étage Bathonien. L'aspect et le débit indiquent une simple résurgence. En principe, ces eaux ne doivent pas être utilisées car elles sont toujours en rapport avec des gouffres ou bétouilles situés en amont et exposés, par suite, à toute sorte de contamination.

Malgré l'épuration chimique et bactériologique, une surveillance doit être exercée constamment et très sérieusement.

MEZIERES

Dans la même région de gouffres, à POIX-TERRON, **Mézières** a essayé de capter une résurgence : *La Fosse-au-Prêcheur*, mais l'épura-

tion chimique est insuffisante pour assurer une eau constamment potable. MÉZIÈRES est sur le point d'abandonner la captation ou d'épurer l'eau plus efficacement.

La Fosse-au-Prêcheur, sur le territoire de Poix se trouve au pied d'une falaise formée par le calcaire à *Cardium pes bovis* avec interposition de marnes souvent feuilletées et rubanées, et supportant quelques mètres plus haut le calcaire à *Rhynchonella decorata*. Une vasque de 5 à 6 mètres de diamètre est alimentée à son centre par trois surgeons verticaux dont les eaux s'élèvent de quelques centimètres. L'eau nous apparaît laiteuse, opalescente : elle laisse déposer sur ses bords de nombreux oolithes de minerai de fer callovien

La Fosse-au-Prêcheur est une résurgence du ruisseau de la *Planchette* qui se perd dans un gouffre avec un bruit caractéristique au pied de la *Crête-Mouton*.

V) CRÉTACÉ INFÉRIEUR

VOUZIER S

La ville de **Vouziers** a capté les eaux sortant de la roche gaizeuse (*Craie tufeau*), sur le territoire de LA CROIX-AUX-BOIS, situé à 7 km. de VOUZIER S.

La couche perméable comporte : la terre végétale et la roche gaizeuse assise sur une couche imperméable d'argile.

Les 8 sources qui alimentent VOUZIER S émergent de la roche gaizeuse ; il n'existe qu'un puits de 1 m. 20 de diamètre construit en maçonnerie cimentée jusqu'à une profondeur suffisante pour éviter la contamination par les eaux de ruissellement.

Les galeries de captage des 8 sources ont des longueurs variant entre 7 et 60 m., et sont établies en maçonnerie cimentée à 1 ou 2 m. de la surface du sol.

ATTIGNY

La ville est établie sur les alluvions de l'Aisne qui occupe le fond de la large vallée creusée dans les assises du Crétacé. Ces alluvions sont constituées surtout par des éléments argilo-calcaires provenant de la destruction et du remaniement des couches jurassiques (Calcaire oolithique surtout) et crétacées (argiles de l'étage Albien) rencontrées par la rivière dans son parcours antérieur. Dans certains talus

découverts, on voit des couches grises fendillées constituées par une roche argilo-siliceuse : la *gaize* représentant les formations inférieures de l'étage Cénomanién. Ces couches sont recouvertes directement par du limon des plateaux, dépôt quaternaire utilisé par la briqueterie.

Le volume d'eau retenu par les argiles de l'étage Albien dans la masse de la gaize cénomaniénne semble important et facile à atteindre à grande proximité de la ville sur le territoire même. La nature de la gaize est très favorable au point de vue de la préservation des agents de contamination, car c'est une roche poreuse.

Un forage fût pratiqué dans le plateau entre les routes de Vouziers et de Saulces-Champenoises et poussé à 20 m. de profondeur, dès qu'on fut arrivé aux argiles de l'étage Albien.

Toutefois, creusé à 500 m. de la rivière, pour éviter les infiltrations, le puits est recouvert de béton jusqu'à 5 m., pour ne pas avoir de contamination de surface.

VI) CRÉTACÉ SUPÉRIEUR

RETHEL

La Vallée de l'Aisne à **Reethel** est creusée dans la craie blanche turonienne supérieure et sénonienne, jusqu'au niveau de la craie turonienne.

La craie blanche contient, à sa base, une nappe aquifère et l'eau a tendance à circuler du Nord vers le Sud. Elle fournit un niveau de sources sensiblement au niveau même de l'Aisne.

Les points de captage pour l'alimentation de **RETHEL** se trouvent à quelques centaines de mètres au Nord-Ouest de la ville, à la *Promenade des Isles*. Ils comprennent, d'une part, deux puits traversant les alluvions de l'Aisne, reliés par une galerie et captant les eaux situées à la base des alluvions ; d'autre part, 3 galeries s'enfonçant normalement dans le coteau crayeux et captant les eaux de la base de la craie blanche.

Ce gisement géologique est donc mauvais, et toute tentative de protection illusoire.

PERTHES

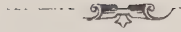
La commune de **Perthes** est constituée par une agglomération installée sur le plateau crayeux de Champagne, à une altitude voisine de 120 m. La structure géologique de la contrée est très uniforme. Le

sous-sol est constitué par de la craie appartenant à l'étage Sénonien, recouverte par des placages de couches argilo-sableuses quaternaires, d'épaisseur variable et manquant même parfois.

La craie repose en profondeur sur les couches marneuses du Crétacé moyen (Turonien et Cénomanién).

Les eaux de pluies tombant sur le Plateau de Champagne, s'infiltrant dans la craie, s'y épurent et se trouvent retenues par les Marnes imperméables du Crétacé moyen. Elles y forment une nappe aquifère dont la surface piézométrique se trouve à une profondeur de 40 à 50 mètres.

Il a fallu creuser le puits au Nord-Est pour éviter la contamination en profondeur par le village et à 140 mètres d'altitude.



TERRAINS :	RÉGION SCHISTEUSE	
	DEVILLE	
	(1) 16/9/26	8/8/29
Pays alimenté.....		
Date de prélèvement.....	25°	17 °
Température de l'air.....	9°	14 °
Température de l'eau.....		légèrement tiède
Fraîcheur.....		limpide
Limpidité.....		nulle
Odeur.....		fade
Saveur.....		
Matières organiques en solution acide en O....	(II) 0,4	0,8
Matières organiques en solution alcaline en O..		0,3
Azote nitreux en N ² O ³	0	0
Azote nitrique en N ² O ⁵	0	0
Azote ammoniacal en NH ³	Traces faibles	0
Azote aminé.....		0
Acide carbonique total en CO ²		0
Acide carbonique combiné en CO ²		0
Acide carbonique libre et ½ combiné en CO ² ..		0
Alcalinité totale en CO ³ Ca		5
Alcalinité permanente en CO ³ Ca		5
Degré hydrotimétrique total.....	0,2	0,3
Degré hydrotimétrique permanent.....	0,2	0
Résidu sec.....		25
Résidu après incinération.....	7	1
Chlorures en Na Cl.....		5
Chlore correspondant.....		3
Sulfates en S O ³		2,5
Phosphates en P ² O ⁵		0
Silice en SiO ²		6,5
Fe ² O ³ + Al ² O ³		1
Chaux en CaO		0
Magnésie en MgO		0
Nombre de germes par cc.....	45	1 009
Nombre de bactéries liquéfiantes par cc	15	310
Nombre de B. coli par litre.....	0	0
Bacilles typhiques.....	0	0
Anaérobies.....	Très rares	Rares
Indol.....	0	0

- (1) - Les résultats en italiques nous ont été donnés par le Laboratoire
Départemental de Bactériologie et d'Hygiène des Ardennes.
(II) Les résultats sont exprimés en mgr par litre.

TERRAINS :	L I A S				
	DAIGNY-SEDAN			MÉZIÈRES	
				Source du Mazy	
Pays alimenté					
Dates de prélèvement	10/10/25	21/9/26	25 5/29	16/8/25	15/6/29
Température de l'air	10°	14°	10°		16°
Température de l'eau	9	9	9,5	13	12,6
Fraîcheur.....	<i>Fraîche</i>	<i>Fraîche</i>	Fraîche		Fraîche
Limpidité.....	<i>Limpide</i>	<i>Limpide</i>	Limpide		Limpide
Odeur	<i>Nulle</i>	<i>Nulle</i>	Nulle		Nulle
Saveur.....	<i>Agréab.</i>	<i>Agréab.</i>	Agréab.		Agréab.
Matières organiques en solution acide	0,5	0,3	0,4	0,47	1,15
Matières organiques en solution alcaline			0,4		0,6
Azote nitreux en $N^2 O^3$	0	0	0	0	0
Azote nitrique en $N^2 O^5$	5,1	<i>traces</i>	6,8	17	18,7
Azote ammoniacal en NH^3 ...	<i>traces</i>	0	0	0	0
Azote aminé	0	0	0	0	0
Acide carbonique total en CO^2 .			173,8		211,2
Acide carbonique combiné en CO_2			96,8		121
Acide carbonique libre et $\frac{1}{4}$ combiné en CO^2			77		90,2
Alcalinité totale en $CO^3 Ca$			215		197
Alcalinité permanente en $CO^3 Ca$			27,5		18
Degré hydrotimétrique total ...	19,5	20,5	19,3	22	21
Degré hydrotimétrique perma- nent	16,5	5,2	1,4	4,8	0,5
Résidu sec.....			300		285
Résidu après incinération.....			195		162,5
Chlorures en $Na Cl$	7	7	7	9,2	5
Chlore correspondant.....	4,2	4,2	4,2	5,5	3
Sulfates en $S O^3$			14,4		18,5
Phosphates en $P^2 O^5$			0		0,18
Silice en $Si O^2$			7,25		6,75
$Fe^2 O^3 + Al^2 O^3$			0,25		2
Chaux en $Ca O$			134,25		125,5
Magnésie en $Mg O$			1,25		3,6
Nombre de germes par cc ...	46	10	90	97	530
Nombre de bactéries liquéfiantes par cc	0	0	0	64	3
Nombre de <i>B. coli</i> par litre....	5	0	0	10	180
Bacilles typhiques.....	0	0	0	0	0
Anaérobies	0	0	0	<i>rare</i> s	0
Indol	0	0	0	0	+

TERRAINS :	JURASSIQUE INFÉRIEUR		
	E L A N		Hannogne-Saint-Martin
Pays alimenté			
Dates de prélèvement.....	24/9/26	25/5/29	24/5/30
Température de l'air	15°	10°	10°
Température de l'eau	10°	9°	10°
Fraîcheur		fraîche	fraîche
Limpidité		limpide	limpide
Odeur		nulle	nulle
Saveur		agréable	agréable
Matières organiques en solution acide.....	0,63	1,25	0,75
Matières organiques en solution alcaline		0,60	0
Azote nitreux en $N^2 O^3$	0	0	0
Azote nitrique en $N^2 O^5$	0	0	42,5
Azote ammoniacal en $N H^3$	0	0	0
Azote aminé.....	0	0	0
Acide carbonique total en $C O^2$		149,6	180,4
Acide carbonique combiné en $C O^2$		83,6	123,2
Acide carbonique libre et $\frac{1}{2}$ combiné en $C O^2$..		66	57,2
Alcalinité totale en $C O^3 Ca$		195	287,5
Alcalinité permanente en $C O^3 Ca$		45	40
Degré hydrotimétrique total.....	16,5	16,6	27,4
Degré hydrotimétrique permanent.....	3,4	2,1	3,8
Résidu sec		192,5	457,5
Résidu après incinération		102,5	352
Chlorures en $Na Cl$	7	8,5	15,5
Chlore correspondant.....	4,2	5,1	9,3
Sulfates en $S O^3$		8,9	27,1
Phosphates en $P^2 O^5$		0	0,2
Silice en $Si O^2$		11	9
$Fe^2 O^3 + Al^2 O^3$		8,3	1
Chaux en $Ca O$		105,6	187,7
Magnésie en $Mg O$		1,8	4,7
Nombre de germes par cc.....	250	115	690
Nombre de bactéries liquéfiantes par cc.	45	10	21
Nombre de B. colie par litre	20	0	42
Bacilles typhiques	0	0	0
Anaérobies.....	0	0	0
Indol	+	0	+

TERRAINS :	JURASSIQUE INFÉRIEUR					
	CHARLEVILLE					
	Néparcy	Pré-Chanet		Fond de Doux		
Pays alimenté						
Dates de prélèvement	10/2/30	10/6/30	24/2/30	15/6/30	24/2/30	15/6/30
Température de l'air.	20°	18°		21°		21°
Température de l'eau	8°	10°		9,2		9°
Fraîcheur	fraîche	fraîche		fraîche		fraîche
Limpidité.....	limpide	limpide	limpide	limpide	limpide	limpide
Odeur	nulle	nulle	nulle	nulle	nulle	nulle
Saveur	agréable	agréable		agréable		agréable
Matières organiques en solution acide..	0,9	0,4	2	0,4	0,3	0,3
Matières organiques en solution alcaline		0,15	0,2	0,5	0,2	0,1
Azote nit. eux en N ² O ³	0	0	0	0	0	0
Azote nitrique en N ² O ⁵	traces	traces	5,9	10,2	8,5	22,1
Azote ammoniacal en NH ³	tr. faible	tr. faible	0	0	0	0
Azote aminé.....	0	0	0	0	0	0
Acide carbonique total en C O ²		213,4		224,4		206,8
Acide carbonique combiné en C O ² ..						
Acide carboniq. libre et ½ combiné en C O ²		85,8		105,6		101,2
Alcalinité totale en C O ³ Ca		127,6		118,8		105,6
Alcalinité permanen e en C O ³ Ca		195	230	235	240	230
Degréhydrotimétrique total.....		25		25		23
Degré hydrotimétrique permanent....	24,5	18	23	21,3	25	21
Résidu sec.....	7,5	0	5,5	0 2	6	0,75
Résidu après incinération		267,5	276	300	272	320
Chlorures en Na Cl ..		132,5		167,5		142,5
Chlore correspondant	6	6,5	4	6	6	5,5
Sulfates en SO ³	3,6	3,9	2,4	3,6	3,6	3,3
Silice en Si O ²		10	10,5	10,6	8,4	8,6
Phosphates en P ² O ⁵		0,05		0		0,5
Fe ² O ³ + Al ² O ³		5,25		9,5		6,5
Chaux en Ca O		2,5		2		1
Magnésie en Mg O		116	119	138,5	129	137,7
		2,5	3,2	5	2,9	2,5
Nombre de germes par cc.....	32	110	10.000	950	38	4134
Nombre de bactéries liquéfiantes par cc.	0	8	1.000	15	2	200
Nombre de B. coli par litre.....	10	0	0	500	0	500
Bacilles typhiques...	0	0	0	0	0	0
Anaérobies.....	0	0	Prés.	0	0	0
Indol.....	0	0	0	+	0	+

TERRAINS :	JURASSIQUE MOYEN					
	SY	Wadimont	SIGNY-L'ABBAYE			
			ROBANS		FOSSE BLEUE	
Pays alimenté.....						
Dates de prélèvement	10/8/30	4/7/30	1/2/29	4/7/30	5/1/29	4/7/30
Température de l'air.	18°	23°		23°		23°
Température de l'eau.	10°	9°		10°		9,7
Fraîcheur.....	fraîche	fraîche		fraîche		fraîche
Limpidité.....	limpide	limpide		limpide		trou. verd.
Odeur.....	nulle	nulle		nulle		distincte
Saveur.....	agréable	agréable				saumâtre
Matières organiques en solution acide..	0,8	0,6	1,4	1,5	1	3,1
Matières organiques en solution alcaline.	0,1	0,3	1,2	1	0,8	1,7
Azote nitreux en N ² O ³	0	0	0	0	0	0
Azote nitrique en N ² O ⁵	1,7	0	13,6	15,3	25,5	3,4
Azote ammoniacal en NH ³	0	0	0	0	0	traces
Azote aminé.....	0	0	0	0	0	0
Azote carbonique total en C O ²	259,6	316,8		266,2		202,4
Azote carbonique combiné en C O ² ..	105,6	134,2		125,4		92,4
Azote carbonique libre et ½ combiné en C O ²	154	182,6		140,8		110
Alcalinité totale en CO ³ Ca	245	305	325	290	195	210
Alcalinité permanente en C O ³ Ca.....	40	38		35		27
Degré hydrotimétrique total.....	23	28,2	26,6	26,4	19,3	20,4
Degré hydrotimétrique permanent.....	2	2,2	5,6	2,3	5,1	2
Résidu sec.....	285	395	364	380	242	357,5
Résidu après incinération.....	215	245		211		217,5
Chlorures en Na Cl..	5	9	6	11	6	8,5
Chlore correspondant	3	5,4	3,6	6,6	3,6	5,1
Sulfates en SO ³	10,4	26,4	12,6	24,3	16,8	26,4
Phosphates en P ² O ⁵ ..	0,2	0,18		0,05		0,15
Silice en Si O ²	11	20,25		45,5		23,7
Fe ² O ³ + Al ² O ³	6,5	1,25		6,5		3,7
Chaux en Ca O.....	162	177,5		163,2		127,5
Magnésie en Mg O...	5,4	1,7		13,6		6,4
Nombre de germes par cc.....	15.700	6.600	6.400	1.400	1.240	6.100
Nombre de bactéries liquéfiantes par cc.	990	400	320	200	216	600
Nombre de B. coli par litre.....	2.000	10	20	450	1.000	500
Bacilles typhiques...	0	0	0	0	0	0
Anaérobies.....	0	0	0	0	présence	0
Indol	+	0	0	+	+	+

TERRAINS :	CRÉTACÉ INFÉRIEUR			
	VOUZIER		ATTIGNY	
Pays alimenté				
Dates de prélèvement	27/12/29	10/8/30	1/6/24	10/8/30
Température de l'air	5°	18°		18°
Température de l'eau	9°	12°		13°
Fraicheur		fraîche		lég. tiède
Limpidité		limpide		limpide
Odeur		nulle		nulle
Saveur		agréable		agréable
Matières organiques en solution acide	1,6	1,1	0,8	0,9
Matières organiques en solution alcaline		0,8		0,45
Azote nitreux en $N^2 O^3$	0	0	0	0
Azote nitrique en $N^2 O^5$	10,2	5,1	0	0
Azote ammoniacal en $N H^3$	tr. faibles	0	0,46	0
Azote aminé	0	0	traces	0
Acide carbonique total en $C O^2$.		105,6		354,2
Acide carbonique combiné en $C O^2$		26,4		168,3
Acide carbonique libre et $\frac{1}{4}$ combiné en $C O^2$		79,2		185,9
Alcalinité totale en $C O^3 Ca$		65		375
Alcalinité permanente en $C O^3 Ca$		65		125
Degré hydrotimétrique total	8	7	32	28,5
Degré hydrotimétrique permanent	7,5	3	8	6,6
Résidu sec		202		447,5
Résidu après incinération		115		268
Chorures en $Na Cl$	11,6	11	8,4	10,5
Chlore correspondant	7	6,6	5	6,3
Sulfates en $S O^3$		13,5	17,6	20,6
Phosphates en $P^2 O^5$		0,2		0
Silice en $Si O^2$		32,5		28
$Fe^2 O^3 + Al.^2 O^3$		1,5		1
Chaux en $Ca O$		36		131
Magnésie en $Mg O$		4,2		47,7
Nombre de germes par cc.	1.560	12.448	307	1.250
Nombre de bactéries liquéfiantes par cc	20	1.312	15	500
Nombre de <i>B. coli</i> par litre	500	1.500	200	0
Bacilles typhiques	0	0	0	0
Anaérobies	rars	0	0	Nombreux
Indol	+	+	+	0

TERRAINS :	CRÉTACÉ SUPÉRIEUR			
	REIHEL		PERTHES	
Pays alimenté.....				
Dates de prélèvement.....	9/7/26	4/5/29	27/9/26	4/4/29
Température de l'air.....	20°	19°	14°	14°
Température de l'eau.....	16,5	11°	9°	9,5
Fraîcheur.....	tiède	fraîche	fraîche	fraîche
Limpidité.....	limpide	limpide	trouble	limpide
Odeur.....		nulle		nulle
Saveur.....		agréable		agréable
Matières organiques en solution acide.....	0,9	1,6	5,3	1,4
Matières organiques en solution alcaline.....		0,5	faibles traces	1,1
Azote nitreux en N ² O ³	0	0		0
Azote nitrique en N ² O ⁵	93,5	46	85	49,3
Azote ammoniacal en N H ³	0,04	0	0,28	0
Azote aminé.....	0	0	0	0
Acide carbonique total en C O ²		200,2		167,2
Acide carbonique combiné en O ²		123,2		74,8
Acide carbonique libre et 1/2 combiné en CO ²		77		92,4
Alcalinité totale en CO ³ Ca.....		295		180
Alcalinité permanente en CO ³ Ca.....		32		25
Degré hydrotimétrique total.....		29,2	18	17
Degré hydrotimétrique permanent.....		2,7	5,5	1,7
Résidu sec.....		495		307,5
Résidu après incinération.....		350		147,5
Chlorures en Na Cl.....	24,3	24	8,7	9
Chlore correspondant.....	14,6	14,4	5,2	5,4
Sulfates en S O ³		31		8,9
Phosphates en P ² O ⁵		0		0,1
Silice en Si O ²		14,75		7,5
Fe ² O ³ + Al ² O ³		19		1
Chaux en Ca O.....		112,5		114,2
Magnésie en Mg O.....		43,7		3,1
Nombre de germes par cc.....	30	35	75	60
Nombre de bactéries liquéfiantes par cc.....	20	10	0	2
Nombre de B. coli par litre.....	200	2.000	10	12
Bacilles typhiques.....	0	0	0	0
Anaérobies.....	présence	présence	0	0
Indol.....	+	+	0	0

CONCLUSIONS

Région schisteuse.

— Dans le Nord du Département des Ardennes, à part quelques eaux souterraines qui ont pénétré entre les feuillets du schiste et qui sont très bien filtrées et légèrement minéralisées, on ne rencontre surtout que des eaux de surface. La Géologie nous l'indique et les résultats de l'analyse chimique nous le confirment : la température élevée en été, la saveur fade, l'absence d'acide carbonique, de chaux et d'une façon générale : la non-minéralisation. Ces eaux, presque distillées, sont impropres à la consommation. Cependant, la Bactériologie nous révèle un assez grand nombre de germes, mais pas de *Bacterium Coli*, car les sources sont dans des taillis impraticables, loin de toute agglomération, à la base de limon argilo-sableux très filtrant et entourées d'un périmètre de protection suffisant.

Pures au point de vue bactériologique, ces eaux sont livrées à la consommation, car il n'en existe pas d'autres. Toutefois, les habitants doivent se minéraliser, soit par des aliments appropriés, soit par des sels, tels que le glycéro-phosphate de chaux, qui est d'un usage très répandu dans cette région.

Lias.

— Les eaux du *Lias* ont des analyses chimique et bactériologique se rapprochant le plus des analyses théoriques de l'« *Eau potable* ».

De plus, le sable étant le meilleur filtre, ces eaux sont excellentes et les meilleures du Département.

Jurassique inférieur.

— La Géologie et l'Analyse chimique nous indiquent un terrain calcaire : la grande quantité de chaux, l'alcalinité assez forte. Ces eaux n'ont que peu de bicarbonate puisque l'alcalinité permanente est faible.

Bien que le degré hydrotimétrique soit assez élevé il reste dans les limites de l'eau potable. La minéralisation normale nous annonce des eaux propres à la consommation.

La Bactériologie nous indique aussi que ces eaux sont très potables. L'abondance des germes et de *B. Coli* dans certains de nos résultats vient de ce que nous avons affaire à des sources non encore captées, et le périmètre de protection une fois établi, fera tomber à zéro le *B. Coli*.

Jurassique moyen.

— L'alcalinité et la chaux nous montrent que nous sommes sur des terrains calcaires. Les eaux sont légèrement siliceuses, magnésiennes et séléniteuses.

D'autre part, nous sommes dans la région des résurgences, c'est pourquoi nous trouvons une grande quantité de matières organiques, de germes et de B. Coli, surtout dans les eaux de SIGNY-L'ABBAYE qui ne sont pas encore captées, et qu'on va javelliser et filtrer : opérations extrêmement délicates. MÉZIÈRES, en effet, depuis plusieurs années, essaye de capter un gouffre à la *Fosse-au-Prêcheur*, près de POIX-TERRON, et n'est pas encore arrivée à une solution acceptable. Cette ville envisage même la possibilité d'y renoncer, c'est pourquoi nous n'en avons pas fait l'analyse.

Crétacé inférieur.

— Cette région donne des eaux contenant très peu de chaux, et le peu qu'on y trouve est à l'état de bicarbonate. Ces eaux sont en outre légèrement siliceuses et magnésiennes.

La Bactériologie décèle un grand nombre de germes, de B. Coli, qui, géologiquement, ne devraient pas exister. Il semble donc que le périmètre de protection est insuffisant ou que les réservoirs et conduites ne sont pas assez protégés, ou encore que la nappe phréatique est en rapport avec les rivières, en particulier avec l'Aisne.

Crétacé supérieur.

— La craie nous donne une forte proportion de chaux et d'alcalinité. Les nitrates très abondants viennent de l'azote atmosphérique oxydé par l'oxygène de l'air en présence de bactéries nitrifiantes. La quantité peu élevée de chlorures et de germes, sauf à RETHEL, nous prouve qu'il n'y a pas de contamination et que les eaux de cette région sont très potables.

RETHEL, en effet, doit exercer une surveillance incessante, à cause de ses conduites non protégées et de la proximité de l'Aisne.

En résumé, sauf dans le Jurassique moyen où les résurgences empêcheront toujours d'avoir de l'eau filtrée naturellement, le département des Ardennes peut être alimenté partout en bonne eau potable, si l'on sait choisir la source à capter ou l'emplacement d'un puits à forer, grâce à sa craie et son sable filtrants et à ses forêts sauvages.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

Atlas du cadastre.

Carte géologique de France à $\frac{1}{80.000}$. Feuilles des Ardennes.

Ed. BONJEAN. *Le sol et l'eau* (MARTIN et BROUARDEL, *Traité d'Hygiène*). Paris, Baillière, 1925. t. 2, p. 241, 243, 385.

Mlle BONNE, *Bordure secondaire du massif ardennais*. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle des Ardennes. Mézières, Savreux. In 8, t. 23, 1928, p. 108.

A. CALLAY, *Catalogue des plantes vasculaires du Département des Ardennes*. Charleville, Jolly, 1900, p. 1 à 5.

F. DIÉNERT, *Hydrologie agricole*. Paris, Baillière, 1918, p. 253.

DOPTER et SACQUÉPÉE, *Bactériologie*. Paris, Baillière, 1921.

J. GOSSELET, *L'Ardenne*. Paris, Baudry, 1888, p. 14.

JADIN et ASTRUC, *Précis d'Hydrologie*. Paris, Maloine, 1920.

F. LEYSSENNE, *Les Eaux en Champagne dévastée*. Thèse de Paris, Reims, Helluy, 1924, p. 23.

E.-A. MARTEL, *Le Sol*. (MARTIN et BROUARDEL, *Traité d'Hygiène*). Paris, Baillière, 1925, t. 2, p. 53.

A. MEYRAC, *Géographie des Ardennes*. Charleville, Jolly, 1900, p. 5 et 6.

D^r MIQUEL, *Manuel pratique d'analyse bactériologique des eaux*. Paris, Gauthier Villars, 1891, p. 129.

PELLERIN, *Guide pratique de l'expert chimiste en denrées alimentaires*. Paris, Maloine, 1910, p. 18, 19.

R. PIERRON, *L'Eau de source à Nancy*. Thèse. Nancy, Les arts graphiques modernes, 1927, p. 87.

G. ROUX, *Précis d'analyse microbiologique des eaux*. Paris, Baillière, 1892, p. 41.

SAUVAGE et BUVIGNIER, *Statistique minéralogique et géologique du Département des Ardennes*. Mézières, Trécourt, 1842, p. 13, 211.

Vu, bon à imprimer :

Le Président de la Thèse,

M. SOMMELET.

Vu :

Le Doyen de la Faculté,

E. GUÉRIN

Vu et permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Paris,

S. CHARLETY

TABLE DES MATIÈRES

	Page
Introduction	10

PREMIÈRE PARTIE

Etude Hydrogéologique des Terrains

CHAPITRE I. — L'eau de pluie dans le sol.....	11
CHAPITRE II. — Aspect géographique du Départ ^t des Ardennes ..	14
CHAPITRE III. — Géologie des Ardennes.....	17
Tableau des fossiles	24
Carte	25
CHAPITRE IV. — Principales zones.....	26

DEUXIÈME PARTIE

Etude Chimique des Eaux de Source

CHAPITRE I. — Historique des méthodes analytiques.....	27
CHAPITRE II. — Importance de l'analyse chimique.....	29
CHAPITRE III. — Prélèvements des échantillons destinés à l'analyse chimique	30
CHAPITRE IV. — Caractères organoleptiques des eaux potables...	31
CHAPITRE V. — Signification et dosage des divers éléments.....	33

TROISIÈME PARTIE

Etude Bactériologique

	Page
CHAPITRE I. — Importance de l'analyse bactériologique.....	42
CHAPITRE II. — Germes dans le sol	43
CHAPITRE III. — Prélèvements des échantillons destinés à l'examen bactériologique	44
CHAPITRE IV. — Examens bactériologiques	45

QUATRIÈME PARTIE

Résultats.....	49
Conclusions	63



